

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO – GEOLOŠKO – NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij geologije

**POTPOVRŠINSKO MODELIRANJE PODRUČJA ISTOČNOG DIJELA DRAVSKE  
DEPRESIJE**

Diplomski rad

Andrej Stopar

G-142

Zagreb, 2015.

## Zahvala

Zahvaljujem, profesorici Josipi Velić na dodjeli i mentorstvu ovog diplomskog rada, asistentu Marku Cvetkoviću na uloženom trudu i vremenu u prenošenju znanja i sveukupnoj pomoći oko izrade diplomskog rada, kolegama Mariji i Tomislavu na pomoći u bržem rješavanju računalskih problema te kolegi i prijatelju Ivoru na suradnji i podršci za sve one sate unutar naftno-geološkog laboratorija koje smo proveli.

Zahvaljujem se i kompaniji Schlumberger na mogućnosti izrade diplomskog rada na računalnom programu Petrel<sup>TM</sup> 2014 bez kojeg ovaj rad ne bi bio moguć.

POTPOVRŠINSKO MODELIRANJE PODRUČJA ISTOČNOG DIJELA DRAVSKE DEPRESIJE

ANDREJ STOPAR

Diplomski rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo  
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

**Sažetak**

U okviru ovog diplomskog rada digitalizirani su i obrađeni podaci iz prijašnjih strukturnih karata istočnog dijela Dravske depresije, dobivenih na temelju dotadašnjih dubinsko – geoloških i geofizičkih istraživanja, bušenja, površinskih geoloških istraživanja i njihove interpretacije. Strukturne karte napravljene su po plohama pet elektrokarotaznih repera i markera koji dijele litostratigrafske jedinice, a to su: A, B, G, H, Tg. Područje se nalazi u istočnom dijelu Hrvatske, najvećim dijelom u Osječko - baranjskoj županiji. Digitalizacija i obrada podataka napravljena je pomoću računalnih programa ArcMap 10.1 te Schlumberger Petrel™ 2014. Prikazan je proces izradbe geomodela te pogreške koje mogu nastati prilikom njegove izradbe. Model jasno pokazuje odnose između glavnih i sporednih rasjeda, geološke strukture, strukturne zamke te utjecaj rasjeda na oblikovanje površina u prostoru. Napravljeni trodimenzionalni prikazi strukturnih odnosa, razvoja geoloških struktura po različitim plohama EK – markera i repera te pomaci terena uzorkovani rasjedima uvelike obogaćuju sliku i razumijevanje dijela podzemlja zapadnog dijela istočno Dravske depresije. Računanjem prosječne vrijednosti odstupanja modela od ručno izrađenih strukturnih karata koja iznosi 0,787% utvrđena je velika točnost i preciznost same obrade podataka.

Ključne riječi: strukturno i potpovršinsko modeliranje, ručna interpolacija, digitalizacija, istočna Dravska depresija

Završni rad sadrži: 36 stranice, 24 slike, 1 tablicu i 7 priloga

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta  
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Prof.dr.sc. Josipa Velić, prof. emerita

Pomoć pri izradi: Dr. sc. Marko Cvetković

Ocjenjivači: 1. Dr. sc. Josipa Velić  
2. Dr. sc. Bruno Saftić  
3. Dr. sc. Dario Perković  
4. Dr. sc. Marko Cvetković

Datum obrane: 30. rujan 2015., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

SUBSURFACE MODELING OF EASTERN PART OF DRAVA DEPRESSION

ANDREJ STOPAR

This is completed in: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology, and Petroleum Engineering  
Department of Geology and Geological Engineering  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

**Abstract**

The main goal was the accurate digitalization and subsurface modelling of the paper-based geological maps. The research area is located in Croatian part of Pannonian Basin System, Drava Depression. Data input for the structural analysis were from structural maps which were previously made in the 1980'. Set included four structural maps based on regional E-log markers and one map of pre-Neogene top. All were digitalized in program ArcGIS. Structural contours and 43 faults were exported into Petrel software where they were further processed and regrouped. From such digitalized and processed data the digital geological model (geomodel) was made using fault framework modelling process. The study concerned the advantages and errors that occur during creation of such geomodel. It clearly displays relations between major and minor faults and fault slips, geological structures and structural traps in 3D. Another advantage is multicolored presentation of depths and faults, which enables easier recognition of geological structures and potential traps for hydrocarbons. Errors and issues can occur during digitalization of contour lines, selection of the appropriate algorithm and those ones that arise when model is created.

Keywords: subsurface modelling, handmade interpolation, digitalization, Drava depression

Thesis contains: 36 pages, 24 figures, 1 table and 7 supplements

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology, and Petroleum Engineering  
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD, Josipa Velić, Professor Emeritus

Technical support and assistance: PhD, Marko Cvetković

Reviewers:

1. PhD, Josipa Velić
2. PhD, Bruno Saftić
3. PhD, Dario Perković
4. PhD, Marko Cvetković

Date of defense: 30<sup>th</sup> of September, 2015, Faculty of Mining, Geology, and Petroleum Engineering



## Sadržaj

1.	UVOD .....	1
2.	POVIJEST ISTRAŽIVANJA .....	2
3.	GEOGRAFSKI I GEOMORFOLOŠKI OPIS .....	3
4.	STRATIGRAFSKI PREGLED ISTRAŽNOG PODRUČJA .....	4
5.	METODOLOGIJA.....	7
5.1.	Metoda rada u računalnom programu ArcMap .....	7
5.2.	Metoda rada u računalnom programu Petrel™ 2014 .....	9
6.	REZULTATI.....	18
7.	DUBINSKI STRUKTURNO-TEKTONSKI ODNOSI.....	21
7.1.	Pregled dubinske strukturno tektonske građe.....	23
7.2.	Strukturni oblici na kartiranim repnim horizontima.....	27
7.2.1.	Karta paleoreljefa (Tg) .....	27
7.2.2.	Strukturna karta po plohi markera H.....	27
7.2.3.	Strukturna karta po plohi markera G.....	27
7.2.4.	Strukturna karta po plohi markera B .....	28
7.2.5.	Strukturna karta po plohi markera A.....	28
7.3.	OSVRT NA NAFTNO GEOLOŠKE ODNOSI.....	29
7.4.	IZRAČUNAVANJE STATISTIČKE VRIJEDNOSTI ODSUPANJA MODELA OD KARATA .....	32
8.	ZAKLJUČAK .....	34
9.	LITERATURA.....	35

## POPIS SLIKA

Slika 3-1. Područje kartiranja (google.hr/maps). ....	3
Slika 4-1. Shematski litostratigrafski presjek neogensko-kvartarnog kompleksa u stupovima dubokih bušotina na području Dravske potoline (www.azu.hr, modificirano prema ŠIMON, 1980 ).....	6
Slika 5-1. Granica istražnog područja prikazana na strukturnoj karti po plohi repera „A“ .....	8
Slika 5-2. Strukturna karta po plohi repera B; plavom bojom prikazane su linije stratoizohipsa, dok su crvenom prikazane linije rasjeda. ....	9
Slika 5-3 Površina paleoreljefa. Bojama su označene dubine, strelica u donjem desnom kutu označava sjever, a mreža na kojoj leži površina određena je koordinatnim sustavom po osima x, y i z. ....	10
Slika 5-4. „Zalijepljeni“ rasjedi po površini paleoreljefa Tg (rasjedi su dobili dubinsku komponentu).....	11
Slika 5-5. Četiri poligona s četiri različite dubine predstavljaju rasjednu plohu (datoteka R8). ....	12
Slika 5-6. Fault framework modelin (dijaloški okvir).....	13
Slika 5-7. Rasjed R2 prije zaglađivanja; izražen je bočni reljef .....	14
Slika 5-8. Rasjed R2 nakon zaglađivanja.....	14
Slika 5-9. Vidljiv je ne razmjer dvaju rasjeda te njihov nezgodan položaj.....	15
Slika 5-10. Desnom rasjedu dodane su točke po najnižem poligonu te je stvoren preduvjet za ukupni kontakt.....	15
Slika 5-11. Desni je rasjed ostvario kontakt po cijeloj površini lijevog rasjeda; desnom rasjedu zaglađen je bočni reljef. ....	16
Slika 5-12. <i>Model rasjeda u završnici s ispeglanim poligonima i određenim međusobnim kontaktima( bijele linije predstavljaju kontakt); dobro je vidljiv smjer pružanja sjeverozapad - jugoistok</i> .....	16
Slika 5-13. Horizont po plohi repera A; skalom boja označene su dubine, a vide se i glavni rasjedi tog područja. ....	17
Slika 6-1. Potpovršinski model po plohi paleoreljefa; očito je da su rubni dijelovi softverski pretpostavljeni u nedostatku podataka pa time i netočni.....	18
Slika 6-2. 3D slika paleoreljefa; volumen izrađen iz prethodnog modela horizonta. ....	19
Slika 6-3. Prikaz konačnog modela te superpozicijski redosljed horizonata; krajnji reljef predstavlja plohu repera A. ....	20

Slika 7-1. Ukupna slika rasjeda sa opisanog područja; dobro se vidi smjer pružanja .....	22
Slika 7-2. Strukturna karta po plohi repera Tg; strelicom je označen glavni Dravski potolinski rasjed koji se pruža duž sjevernog ruba Đakovačko – vinkovačkog ravnjaka.....	24
Slika 7-3. Strukturna karta po reperi horizonta Tg; strelicom označen je rasjed Karašica ....	25
Slika 7-4. Na strukturnoj karti po reperi H strelice prikazuju najveće depresije na ovom području, među njima i Tenjsku depresiju koja je ujedno i najdublja točka istočne Slavonije (- 3700 m) .....	26
Slika 7-5. Antiklinale naftnog polja: a) Beničanci - po plohi horizonta H, b) Bizovac - po plohi horizonta H.....	30
Slika 7-6. Antiklinala naftnog polja Kučanci po plohi horizonta H.....	30

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Srednje vrijednosti postotka odstupanja modela od ručno izrađenih strukturnih karata.....	33
--	----

## POPIS PRILOGA

PRILOG I. <i>Strukturna karta po plohi repera Tg</i>
PRILOG II. <i>Strukturna karta po plohi repera H</i>
PRILOG III. <i>Strukturna karta po plohi repera G</i>
PRILOG IV. <i>Strukturna karta po plohi repera B</i>
PRILOG V. <i>Strukturna karta po plohi repera A</i>
PRILOG VI. <i>Profil A-A'</i>
PRILOG VII. <i>Profil B-B'</i>

## **1. UVOD**

Trodimenzijski modeli načinjeni u računalnim programima predstavljaju jednu od osnovica svih detaljnijih naftno geoloških istraživanja. U ovom diplomskom radu obrađeno je i digitalizirano pet već postojećih strukturnih karata istočnog dijela Dravske depresije prema kojima su napravljeni trodimenzijski modeli podzemlja. Strukturne karte preuzete su iz HERNITZ (1980), a izrađene su prema pet repernih horizonata koji dijele litostratigrafske jedinice tog područja. Prikazane su i osnovne geološke značajke tog područja te sistematski prikaz izrade trodimenzijskih modela podzemlja pomoću programa ArcMap i Petrel™ 2014. Istaknute su sve prednosti i nedostaci pri korištenju programa te podudarnost modela s izvornim podacima – ručno napravljenim kartama.

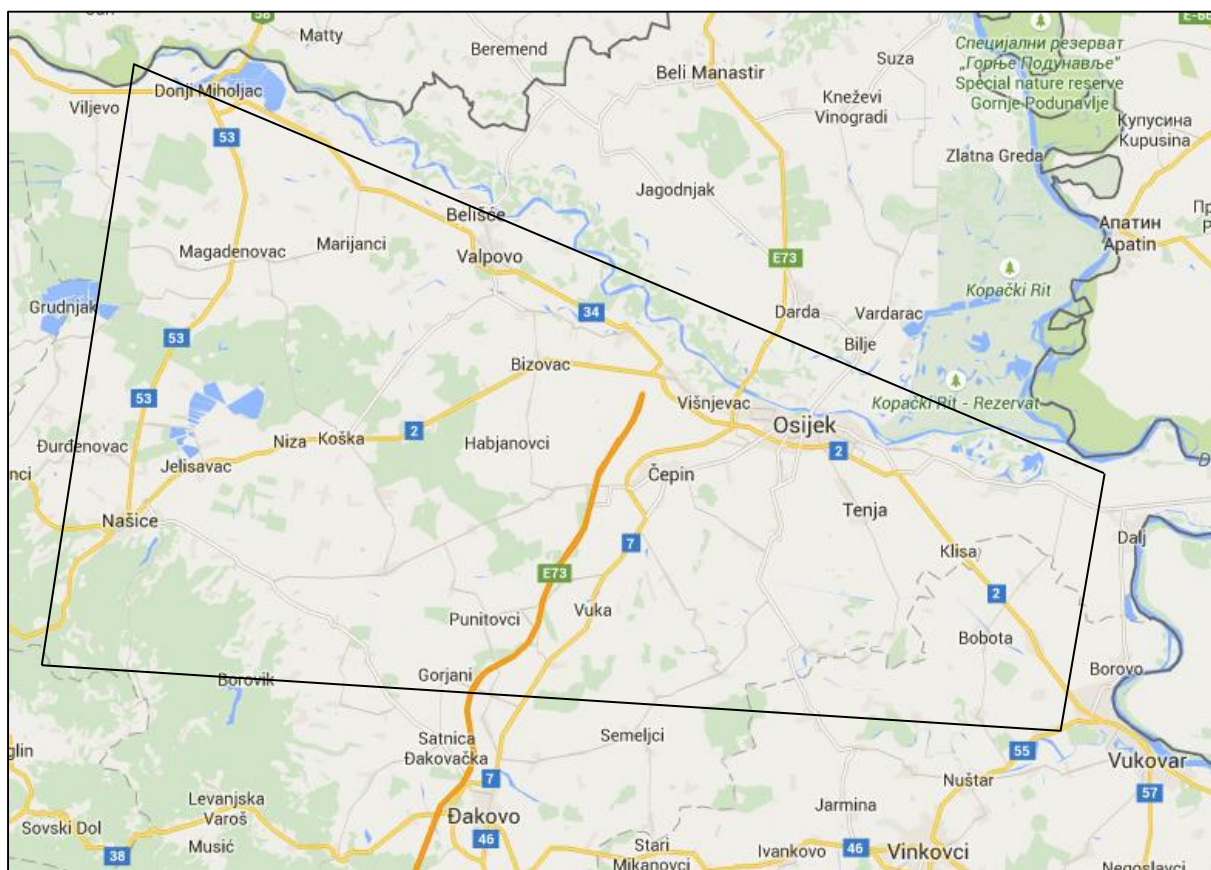
## 2. POVIJEST ISTRAŽIVANJA

Sva se dosadašnja istraživanja mogu načelno podijeliti u dvije osnovne faze. Prva obuhvaća kraj 19.st. do polovice 20.st. , a druga od polovice 20.st. do danas. Najopsežnija istraživanja provodila su se između 50-ih i 80-ih godina 20.st. koja su predvođena nalazom ugljikovodika na području istočne Slavonije pa je u tom periodu objavljeno preko 90% od ukupnog broja radova vezanih za cijelu istočnu Slavoniju.

Metode koje su se koristile u svim istraživanjima bile su od dubokog bušenja i seizmičkih snimanja, rezultata površinskog geološkog kartiranja, fotogeologije, gravimetrije, i geoelektrike. Fotogeološka istraživanja pokazala su se vrlo korisnim jer su dobiveni brojni elementi za rješavanje strukturno – tektonskih odnosa koji su korišteni u izradbi osnovnih karata HERNITZ (1980). Geoelektrička snimanja načinjena su u području istočne Slavonije, na potezima od Jarmine i Ivankova, te sjeveroistočnije prema Antunovcu Tenjskom, a zatim kod Bizovca. Duboke bušotine brojne su na cijelom području, a najgušći je razmještaj na sjeverozapadu. To je i razumljivo s obzirom da se ondje nalaze naftna polja Bizovac, Beničanci, Klokočevci, Koška, Kučanci, Ladislavci. (HERNITZ 1980, VELIĆ et al., 2002)

### 3. GEOGRAFSKI I GEOMORFOLOŠKI OPIS

Obuhvaćeno područje nalazi se u istočnom dijelu Hrvatske, točnije pripada Osječko – baranjskoj županiji. S tektonskog stajališta pripada jugozapadnom dijelu Panonskog bazena. Kartirani dio graniči sa linijom Đakovo – Vukovar na jugu (Đakovačko – vinkovački ravnjak), krajnjim dijelovima Dilja i Krndije na zapadu, rijekom Dravom na sjeveru (granica s Mađarskom jednim dijelom) te rijekom Dunav na istoku (granica sa Srbijom). Ovaj predstavljeni dio pripada aluvijalnoj podravskoj ravnici odnosno istočnom dijelu Dravske depresije. Na cijeloj površini teren je gotovo potpuno zaravnjen. Kote se kreću u prosjeku između 80 i 100m, što su zaista mala odstupanja s obzirom na veličinu površine terena.



*Slika 3-1. Područje kartiranja (google.hr/maps).*

#### 4. STRATIGRAFSKI PREGLED ISTRAŽNOG PODRUČJA

Podlogu neogenske ispune istočne Slavonije čine graniti, gnajsevi, škriljavci, vapnenci te pješčenjaci paleozojske i mezozojske starosti. U ovom radu ipak biti će istaknute naslage neogena jer su nam one najzanimljivije kako u strukturnom tako i u naftno - geološkom smislu. Podaci o formacijama prikazani su redoslijedom od starijih prema mlađim te nešto kasnije i njihovi strukturno tektonski odnosi.

Najniža (najstarija) je **Vukovarska formacija** koja naliježe direktno na stijene u podlozi koje su krajem mezozoika i početkom negena izložene kopненоj fazi i eroziji. U vrijeme oligocena ili prelaskom u miocen na širem području nastupa transgresija praćena intenzivnom tektonskom djelatnošću i vulkanizmom. More je bilo plitko ili su postojala ograničena jezera s brakično-slatkovodnom sedimentacijom i deponiranjem slatkovodnog materijala (HERNITZ, 1980). Sredinom miocena dolazi do jačeg spuštanja odnosno transgresije. Taloženi su vapnenci, konglomerati, pjeskoviti lapori, glinovito - laporoviti slojevi (MALVIĆ i CVETKOVIĆ, 2014). Transgresivne značajke Vukovarske formacije odlikuju se raznolikošću te neujednačenom litološkom sastavu. Najniži je član Bizovac koji se sastoji od andezita, riolita, bazalta, dacita. Slijedeći je član Karašica, a čine je lapori, pjeskoviti kalkareniti, kvarcni konglomerati i vapnene breče. Iznad člana Karašica slijedi član Beničanci, a karakteriziran je dolomitno vapnenim brečama. Ovaj je član nosilac velikih količina nafte na polju Beničanci (HERNITZ, 1980). Vapnenac Lacić nalazi se iznad člana Beničanci i homogenog je sastava. Lapor Klokočevci je završni član Vukovarske formacije. Sastoji se od sivih vapnovitih lapora. (HERNITZ, 1980)

Krajem badena u dijelu Panonskog bazena koji pripada Republici Hrvatskoj dolazi do promjena u paleogeografskim odnosima, pogotovo u salinitetu morske vode. Pojavljuju se regresivne tendencije uz lokalne diskordancije donjosarmatskih naslaga. Drugim riječima krajem miocena dolazi do osjetnog oplicavanja i postupnog dotoka slatke vode (LUČIĆ et al., 2001, SAFTIĆ et al., 2003, MALVIĆ i VELIĆ, 2011) taloži se **Valpovačka formacija**. Sastoji se od sivih i žućkastih, čvrstih homogenih lapora. Ova formacija je relativno male debljine, svega 50m, a u uzdignutim strukturama nekih naftnih polja reducirana je čak na jedva 10m. (HERNITZ, 1980)

Krajem miocena prestaje mirovanje, a pojačanje tektonske aktivnosti odrazilo se na sedimentaciju **Vinkovačke formacije**. S izdignutih i često vrlo udaljenih planinskih masiva,

vjerojatno Alpa (VRBANAC, 2002) erozijom i denudacijom pokrenute su znatne količine klastičnog materijala i postupno odlagane nakon dugog transporta. Područje istočne Slavonije postupno tone. U produbljene dijelove talože se velike količine lapora i pijesaka. Prekrivene su velike površine osim Đakovačko – vinkovačkog ravnjaka. Vinkovačku formaciju izgrađuju dva osnovna tipa sedimenata. To su lapori i pješčenjaci. Pješčano laporovit razvoj prisutan je između Donjeg Miholjca, Osijeka, Antunovca Tenjskog i Našica. Na cijelom ostalom prostoru Vinkovačka je formacija zastupljena isključivo laporima te se taj bočni ekvivalent naziva Vinkovačkim laporom. Ovu formaciju čine lapor Laslovo(gornji panon) i Osječki pješčenjaci (donji pont) (HERNITZ, 1980).

Iznad Vinkovačke formacije slijedi **formacija Vera** (ŠIMON, 1966). Prema litološkim značajkama formacija je podijeljena na tri jedinice nižeg reda, članove: lapor Borovo; izgrađen od sivih mekih lapora, Županjski pješčenjaci (fosilni nalazi upućuju na gornjopontsku starost) i član Jarmina; pješčano-laporovitog sastava.

U slijedu litostratigrafskih jedinica najplića i najmlađa je **formacija Vuka** (ŠIMON, 1966). Ekvivalentna je formaciji Lonja u Savskoj i Dravskoj potolini i predstavljena kompleksom naslaga čija je debljina mjestimice premašuje 1000m. Obuhvaća interval iznad repera A do današnje površine terena. Na temelju litoloških značajki formacija Vuka može se podijeliti na tri dijela. Najdonji dio sastoji se od nešto glina i pijeskovitih glina, većim dijelom od sitnozrnatih pijesaka. Središnji dio karakteriziran je izmjenom sitnozrnatih glinovitih pijesaka s proslojcima sive slaboplastične gline. Dolaze još srednje do krupnozrnati pijesci debljine 5 do 10m. Najplići dijelovi građeni su od sivih i žutih glina, prašiniastih tvari, nevezanih pijesaka, šljunaka, prapora i humusa. Srednje vrijednosti debljina formacije Vuka kreću se između 700 i 800m. Formacija Vuka obuhvaća taložine približno srednjeg i gornjeg pliocena te pleistocena i holocena, a nije raščlanjena na jedinice nižeg ranga. (HERNITZ, 1980).





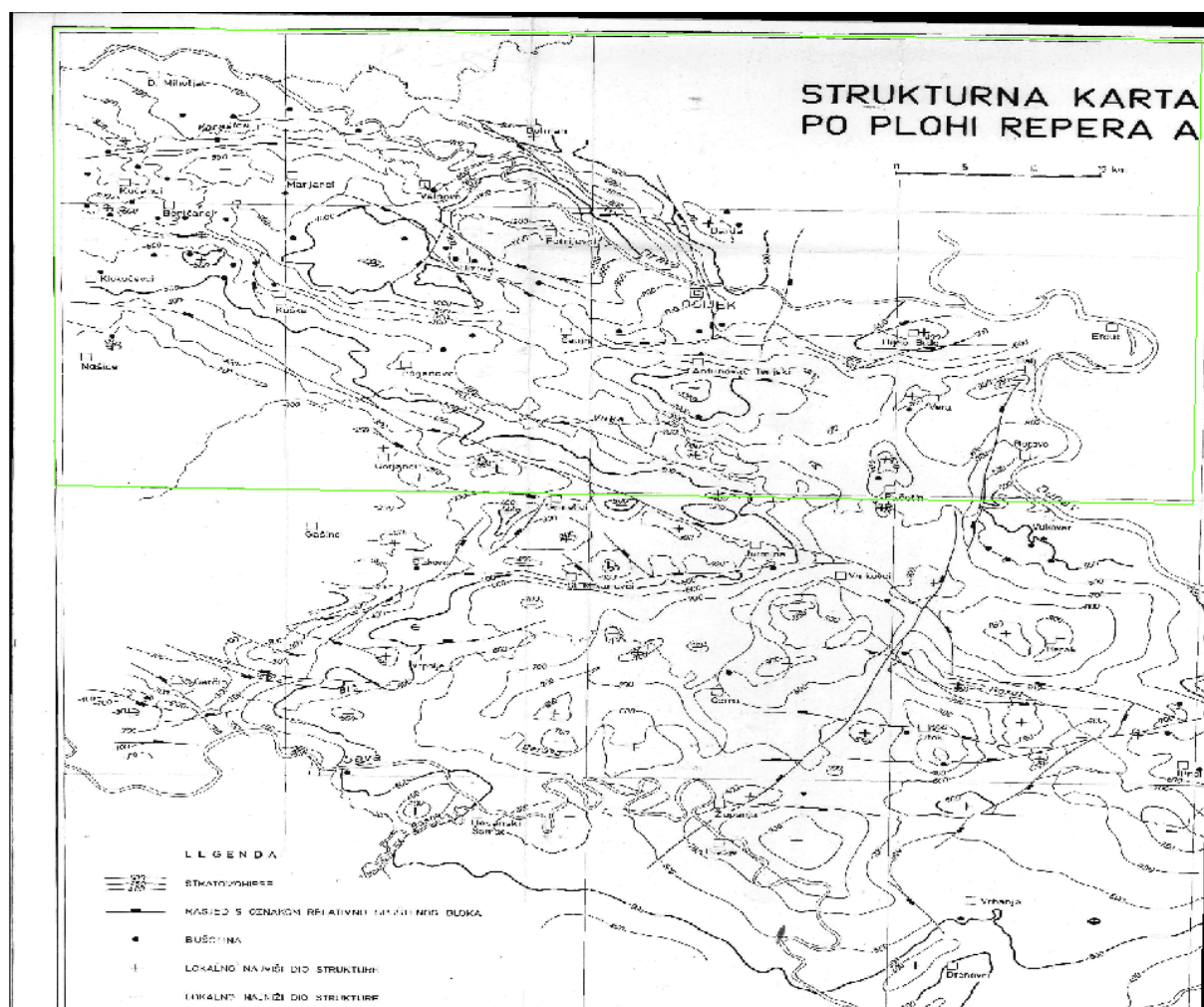
## 5. METODOLOGIJA

Kao ulazni podaci korištene su ručno interpolirane strukturne karte po plohama pet repernih horizonata (HERNITZ, 1980) opisanih u poglavlju „STRUKTURNI OBLICI NA KARTIRANIM REPERNIM HORIZONTIMA“. Skenirano je pet karata te pohranjeno u likovnom formatu TIFF (eng. Tagged Image File Format) nakon čega su te karte interpretirane i obrađene u računalnim programima ArcMap i Petrel 2014.

### 5.1. Metoda rada u računalnom programu ArcMap

ArcMap jedna je od glavnih komponenata programskog paketa ArcGIS kojeg je razvio ESRI (eng. *Environmental Systems Research Institute*). Računalni program ArcMap koristi se za pregledavanje, stvaranje, uređivanje i analiziranje geoprostornih podataka te omogućuje istraživanje određenih podataka unutar velikog skupa podataka te samo stvaranje karata.

U izradi ovog diplomskog rada program je poslužio za digitalizaciju podataka. Pet skeniranih, ručno izrađenih strukturnih karata, ubačeno je u program te je stvorena jedinstvena geobaza podataka (eng. *Geodata base*). Stvaranjem geobaze podataka potrebno je odrediti koordinatni sustav u kojemu su karte crtane kako bi nadalje obrađene podatke mogli točno smjestiti u trodimenzionalni prostor. Odabran je koordinatni sustav WGS 1984 (eng. *World Geodetic System*). Napravljen je poligon koji označava područje istraživanja te time određuje granicu istražnog prostora za digitalizaciju. WGS 84 je naziv elipsoida koji se koristi kao referentni koordinatni sustav.



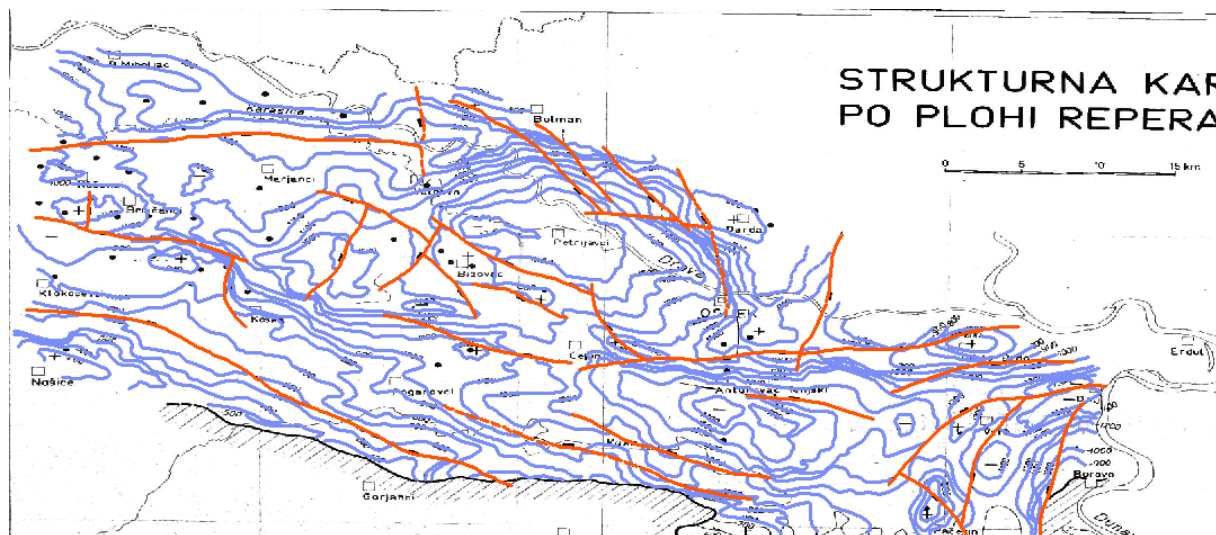
*Slika 5-1. Granica istražnog područja prikazana na strukturalnoj karti po plohi repere „A“*

Svaka se karta sastoji od dvije vrste podataka, a to su rasjedi i stratoizohipse. Za svaki rasjed i stratoizohipsu stvorena je posebna klasa (eng. *Feature Class*). Npr. za klasu rasjeda po plohi horizonta B stvorena je klasa „B\_rasjedi“ ili za klasu stratoizohipsa stvorena je klasa „B\_stratoizohipse“. Tako je stvoren niz od deset zasebnih klasa za pet repernih markera.

Pomoću alata za crtanje preko svake skenirane karte prelazimo crtajući linije koje odgovaraju linijama rasjeda na toj karti. Rasjede ne spajamo tamo gdje se oni načelno dodiruju da ne bi došlo do kasnijih komplikacija pri izradi modela.

Pri izradi stratoizohipsa postupak je vrlo sličan jedino što ovdje dodajemo dubinu (Z vrijednost) za svaku iscrtanu stratoizohipsu. To je važno zato jer bez toga u kasnijem modelu to bi područje izgledalo kao ravna ploha što naravno nije. Nakon iscrtanih pet karata vadimo

(eng. *export*) ih u posebnom obliku kako bi bili podobni za daljnju obradu u novom programu gdje će biti izrađen model prema dosad učinjenom.



*Slika 5-2. Strukturalna karta po plohi repera B; plavom bojom prikazane su linije stratoizohipse, dok su crvenom prikazane linije rasjeda.*

## **5.2. Metoda rada u računalnom programu Petrel™ 2014**

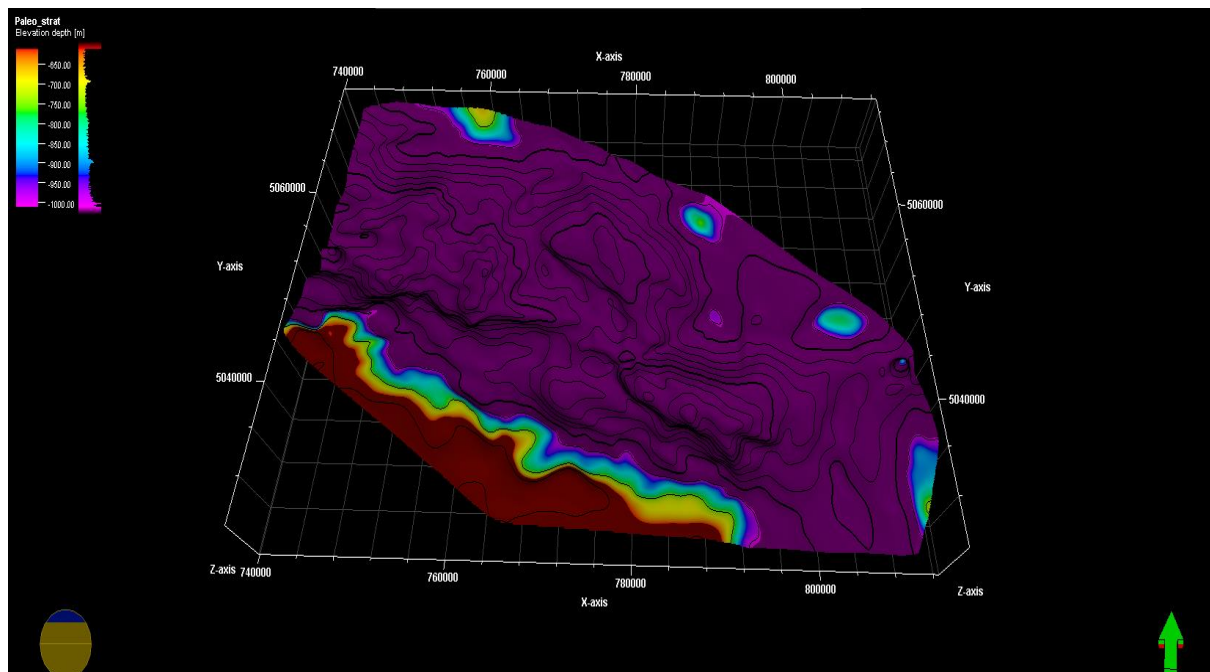
Prilikom izrade ovog diplomskog rada korišten je program Schlumberger Petrel™ 2014. Program omogućava interpretaciju seizmičkih podataka, korelaciju bušotinskih podataka, izgradnju rezervoarskih modela za simulaciju, kalkulaciju volumena te razradu ležišta ugljikovodika.

Podatci o stratoizohipsama, izobatama te trase rasjeda u obliku *shape* datoteka unesene su u računalni program Petrel. Obrada uvedenih podataka podijeljena je na tri dijela: obradu stratoizohipsi, rasjeda te linija koje označavaju granice raspostiranja EK – repera.

Nakon što su podatci o prostornom položaju stratoizohipsi i izobata sa svih pet karata uvezeni u program od njih su načinjene površine. Površine su izrađene preko alata *Make/edit surface* u kojem je program sa unesenim stratoizohipsama napravio plohu po određenom EK – markeru



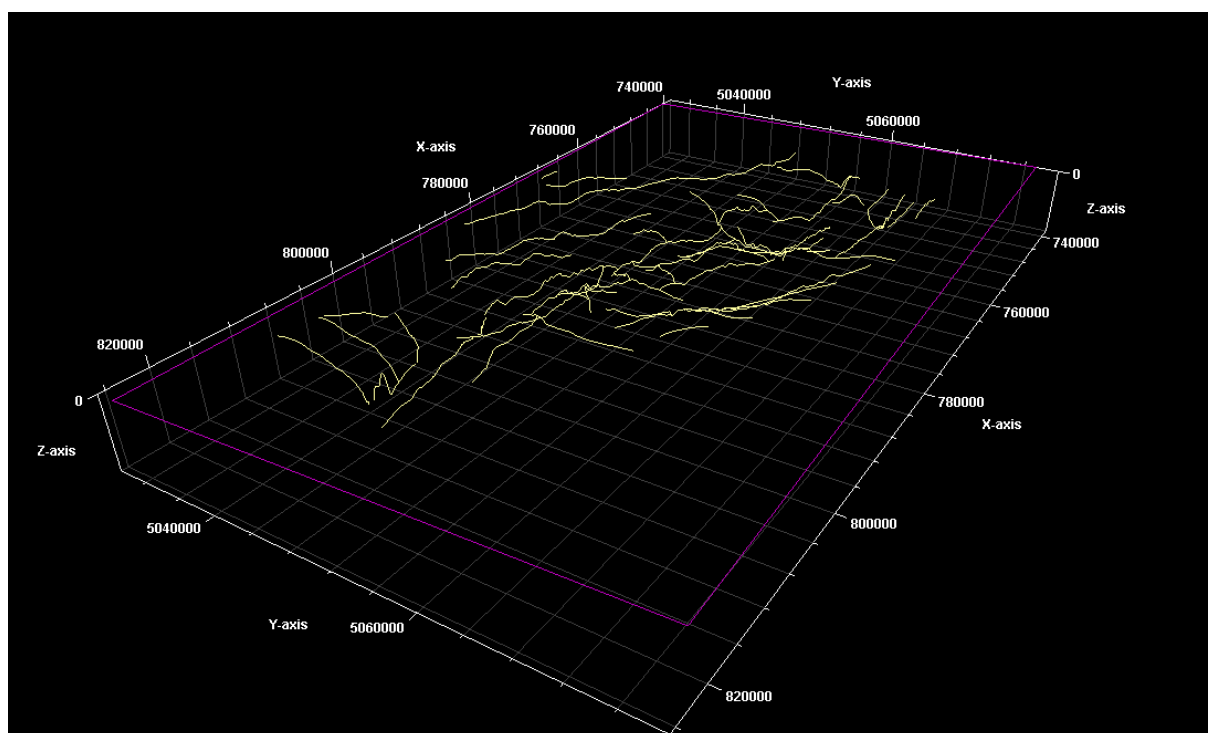
ili reperu te će ona u daljnjoj obradi biti korištena kao jedan od ulaznih podataka za izradu konačnog modela.



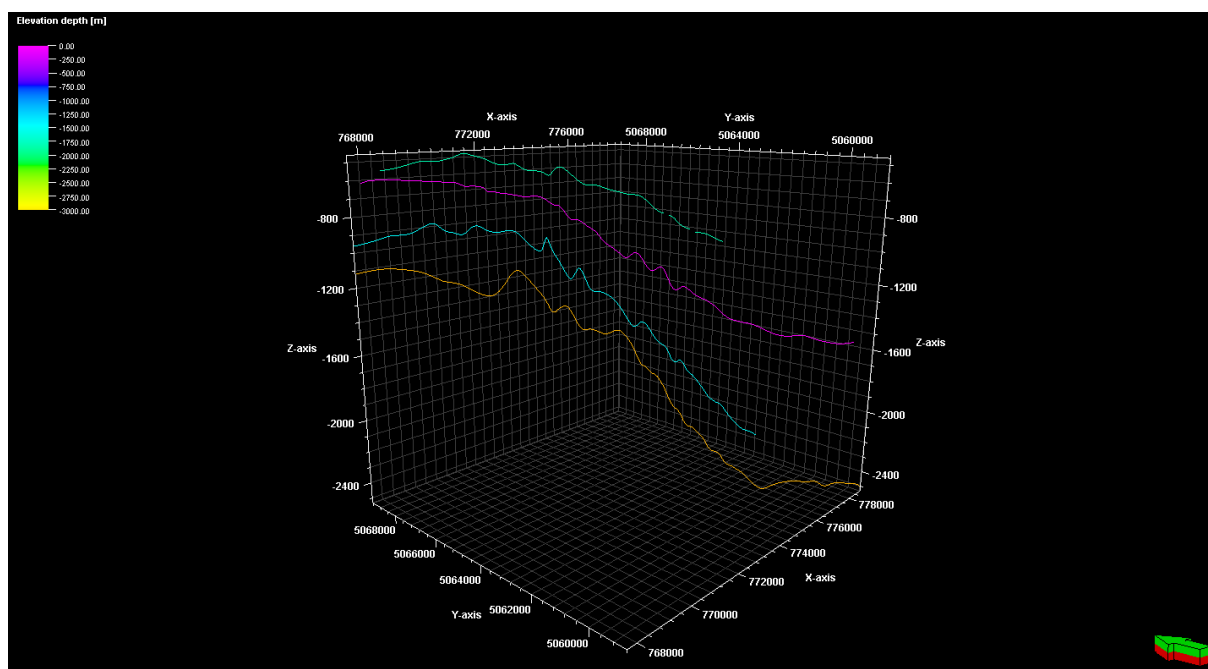
**Slika 5-3.** Površina paleoreljefa. Bojama su označene dubine, strelica u donjem desnom kutu označava sjever, a mreža na kojoj leži površina određena je koordinatnim sustavom po osima  $x$ ,  $y$  i  $z$ .

Rasjedi, za razliku od startoizohipsa i izobata nemaju pridodanu vrijednost apsolutne dubine ( $Z$ ), tako da moraju biti „zalijepljeni“ na prethodno izrađene površine horizonata. Izjednačavanjem vrijednosti točaka koordinate  $Z$  stratoizohipsa i izobata s vrijednošću  $A$  kod rasjeda smjestili smo rasjedne plohe prema njima odgovarajućim dubinama koje sijeku zadane plohe.

Rasjedi su u program uvedeni kao cjelina te su morali biti odvojeni baš onako kako su i crtani u ArcMap – u. Opcijom *split* podijelili smo rasjede na više poligona. Svaki je poligon označen drugom bojom pa se mogu dobro razlikovati. Bilo je potrebno sve odgovarajuće poligone koji su prostorno bliski odnosno pripadaju jednoj rasjednoj plohi svrstati u zasebnu datoteku kojoj bi pridali naziv npr. R8 (rasjed broj 8). Kod određenih poligona bilo je nešto više problema s obzirom da nisu crtani kao jedna linija već su bili isprekidani kao što je to bilo prikazano na karti dotičnog horizonta na kojoj su se na taj način označavali pretpostavljeni rasjedi. Problem je riješen alatom *append polygon* kojim sam spojio isprekidane poligone i dobio jedinstven poligon koji će kasnije dati sliku cjelovite rasjedne plohe.

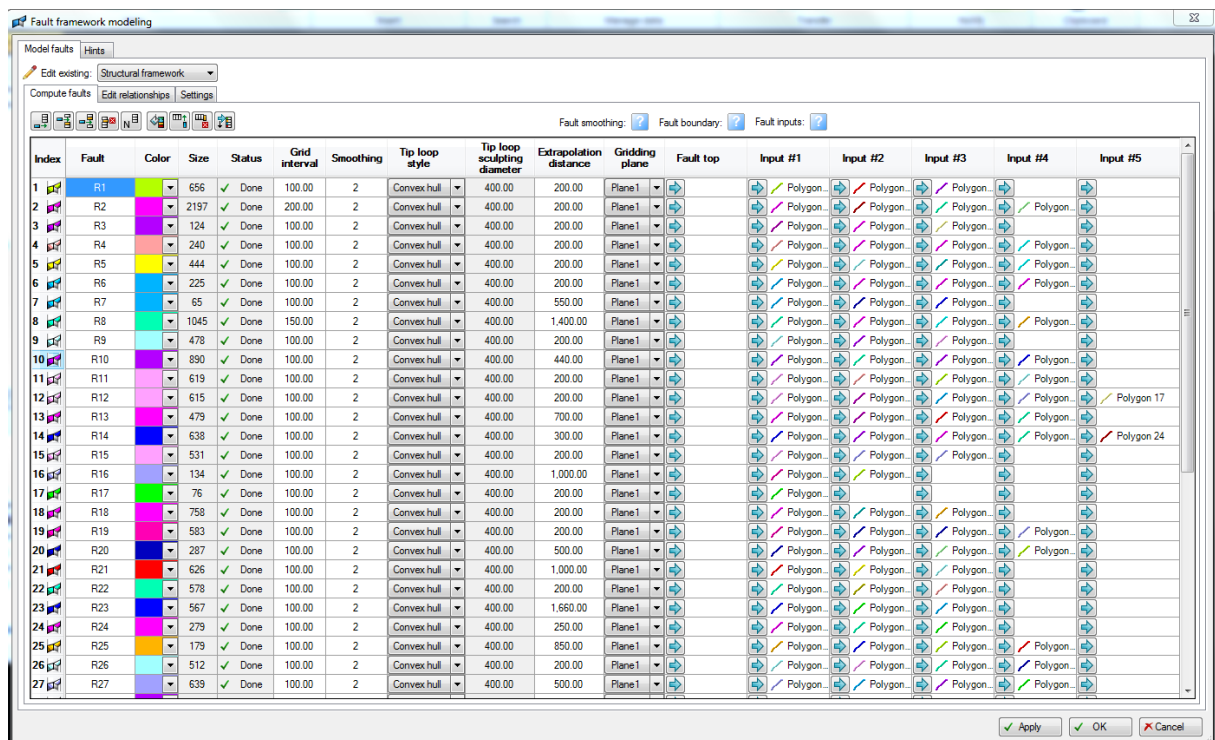


*Slika 5-4. „Zalijepljeni“ rasjedi po površini paleoreljefa Tg (rasjedi su dobili dubinsku komponentu).*



*Slika 5-5. Četiri poligona s četiri različite dubine predstavljaju rasjednu plohu (datoteka R8).*

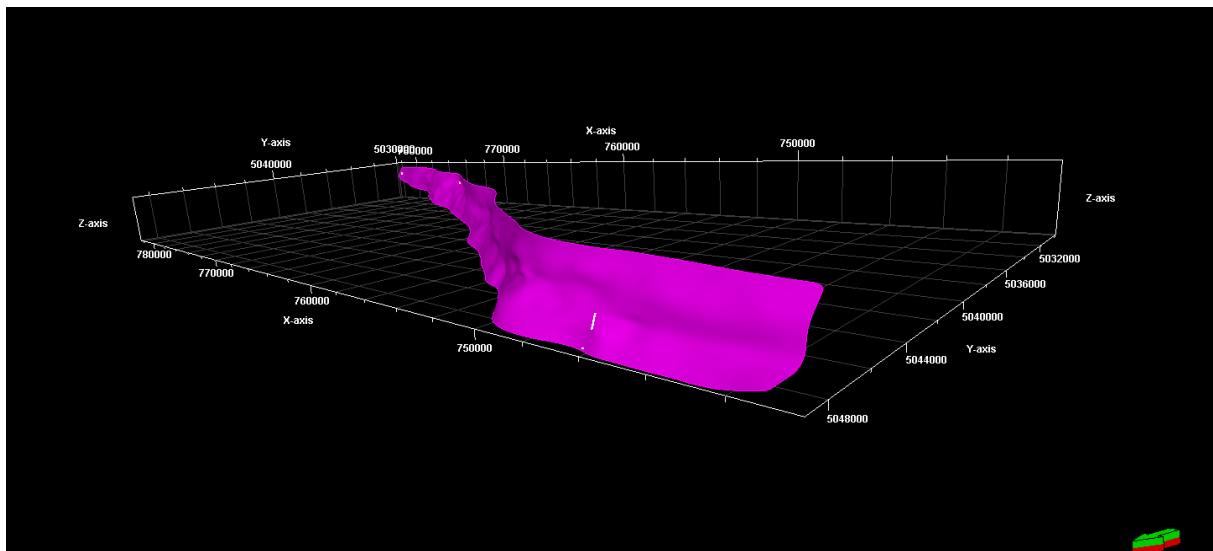
Neki od poligona izbrisani su s obzirom da su bili nevažni u krajnjoj izradi modela jer su bili utvrđeni na samo jednom od horizonata. Nakon razvrstavanja svih poligona po datotekama i uklanjanja onih suvišnih dobili smo 43 datoteke koje predstavljaju 43 rasjeda. Kada je interpretacija i grupiranje rasjeda u mape završena, bilo je potrebno izraditi strukturni okvir (eng. *Structural framework*). Izrada strukturnog okvira podrazumijeva definiranje geometrije i granicu strukturnog modela te iz prethodno interpretiranih poligona stvoriti modele rasjeda i horizonata. Strukturni okvir izrađen je pomoću alata *Fault framework modeling*. U ovom alatu stvaramo rasjede tako da dodajemo poligone koji mu pripadaju. Nakon što smo dodali sve poligone alat stvara model rasjeda. Završenom strukturnom okviru potrebno je odrediti odnose između rasjeda koji imaju međusobni kontakt. Potrebno je bilo postaviti u odnosima koji je glavni (eng. major) a koji sporedni (eng. minor) rasjed, zato što na taj način jedan rasjed prekida drugi. Tako su ispravljane greške koje je sam računalni program napravio prilikom kreiranja strukturnog okvira



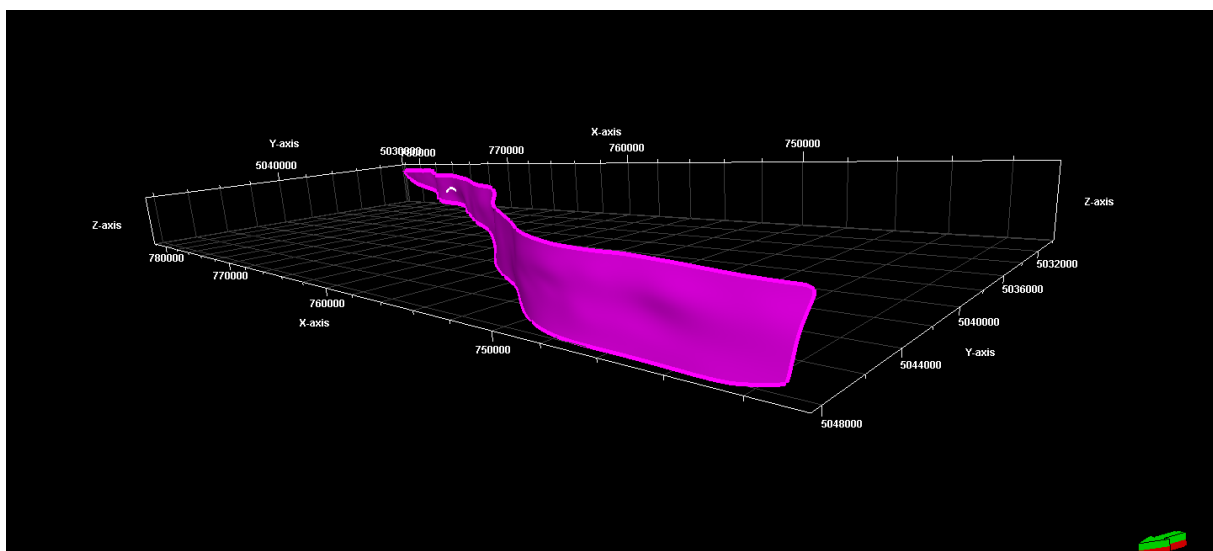
**Slika 5-6.** Fault framework modeling (dijaloški okvir)

Da bi se završio cijeli strukturni model bilo je mnogo posla ne samo kod postavljanja odnosa među rasjedima, već i kod zaglađivanja rasjeda u što realniji oblik. Ovdje smo se služili altom *polygon editing* kojim smo namještali, brisali, dodavali točke određenom poligonu sve kako bi u konačnici nastao odgovarajući model. Opcijom *extrapolation distance* povećavali smo i smanjivali određeni model rasjeda kako bi dobili zadovoljavajući kontakt prema drugom rasjedu.

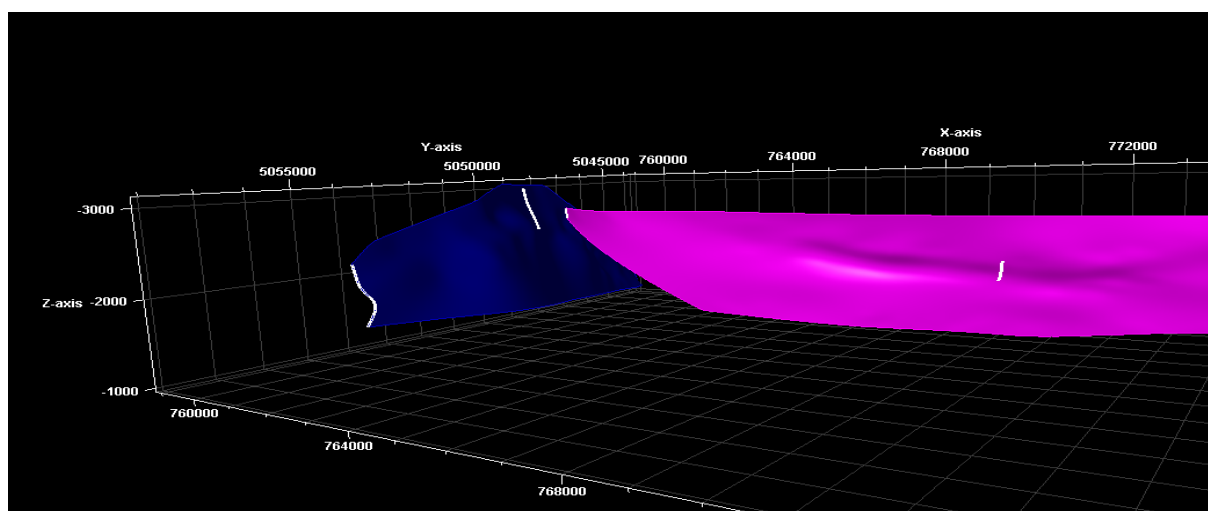




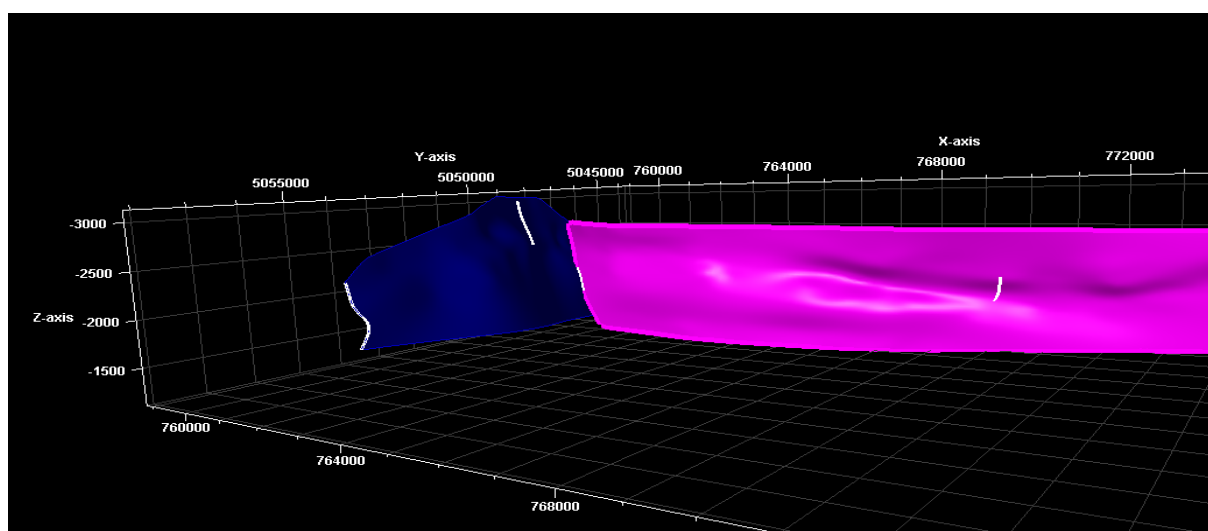
*Slika 5-7. Rasjed R2 prije zaglađivanja; izražen je bočni reljef*



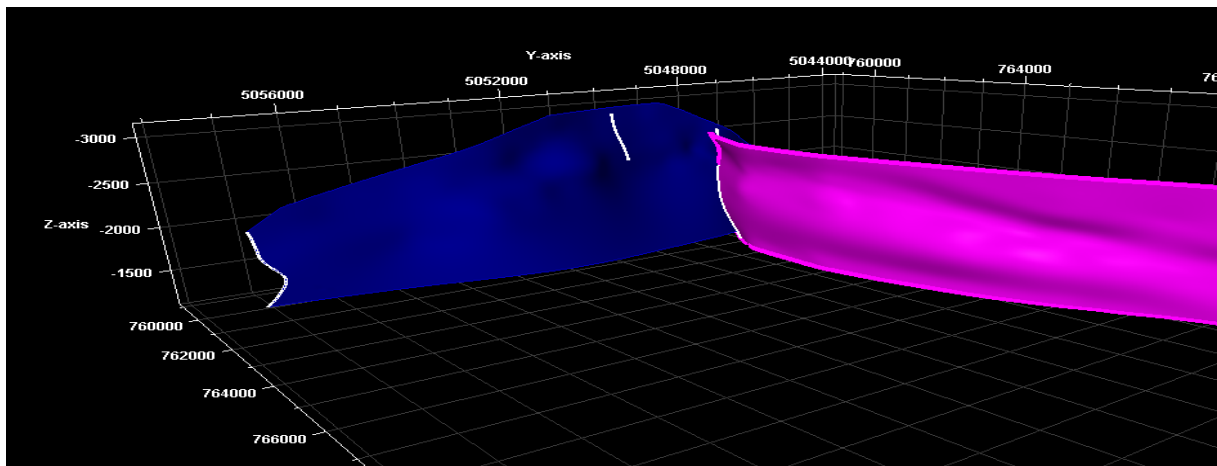
*Slika 5-8. Rasjed R2 nakon zaglađivanja*



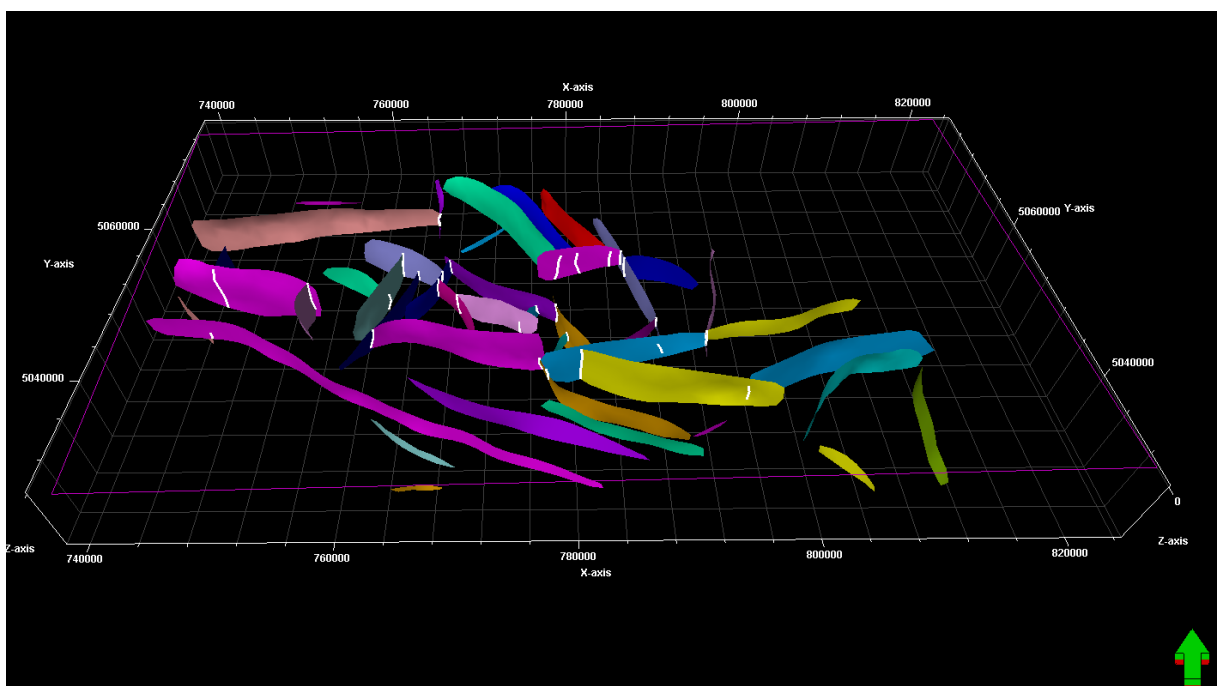
*Slika 5-9. Vidljiv je nerazmjer dvaju rasjeda te njihov nezgodan položaj.*



*Slika 5-10. Desnom rasjedu dodane su točke po najnižem poligonu te je stvoren preduvjet za ukupni kontakt.*



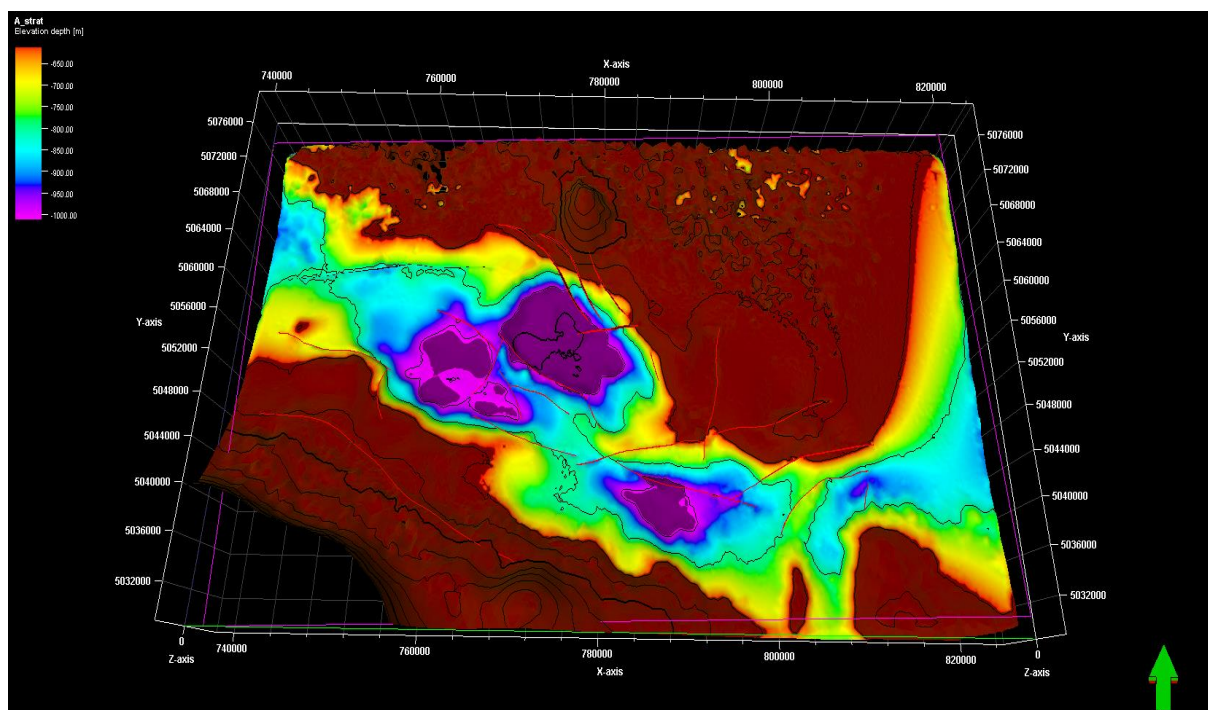
*Slika 5-11. Desni je rasjed ostvario kontakt po cijeloj površini lijevog rasjeda; desnom rasjedu zaglađen je bočni reljef.*



*Slika 5-12. Model rasjeda u završnici s ispeglanim poligonima i određenim međusobnim kontaktima( bijele linije predstavljaju kontakt); dobro je vidljiv smjer pružanja sjeverozapad – jugoistok.*

Izrada preliminarnih modela horizonata (eng. *horizon modeling*) sljedeći je korak u postupku strukturnog modeliranja. Izvodi se alatom *Horizon modeling* u okviru kojeg se prvo definiraju ulazni podaci tj. 3D površine po plohi EK – markera kreirane iz digitaliziranih stratoizohipsi, pripadajući model rasjeda (*Fault framework model*) te se uključi opcija koja omogućuje izgladivanje rasjednih ploha i površina modela te kreiranje 3D zona (eng. *Refine and create zone model*).

Pri izradi modela horizonta površina paleoreljefa Tg postavljena je kao baza (eng. *base*) samog modela zato što je to podloga svim neogenskim i kvartarnim naslagama. Horizonti H, G, B i A redom se nastavljaju na paleoreljef te su kao tip horizonta postavljeni pod opcijom *conformable*. Obzirom da su već ranije uočene i uklonjene greške pri izradi modela rasjeda, nije bilo potrebno više puta popravljati model horizonata što se uobičajeno radi zbog prethodno opisanih grešaka.

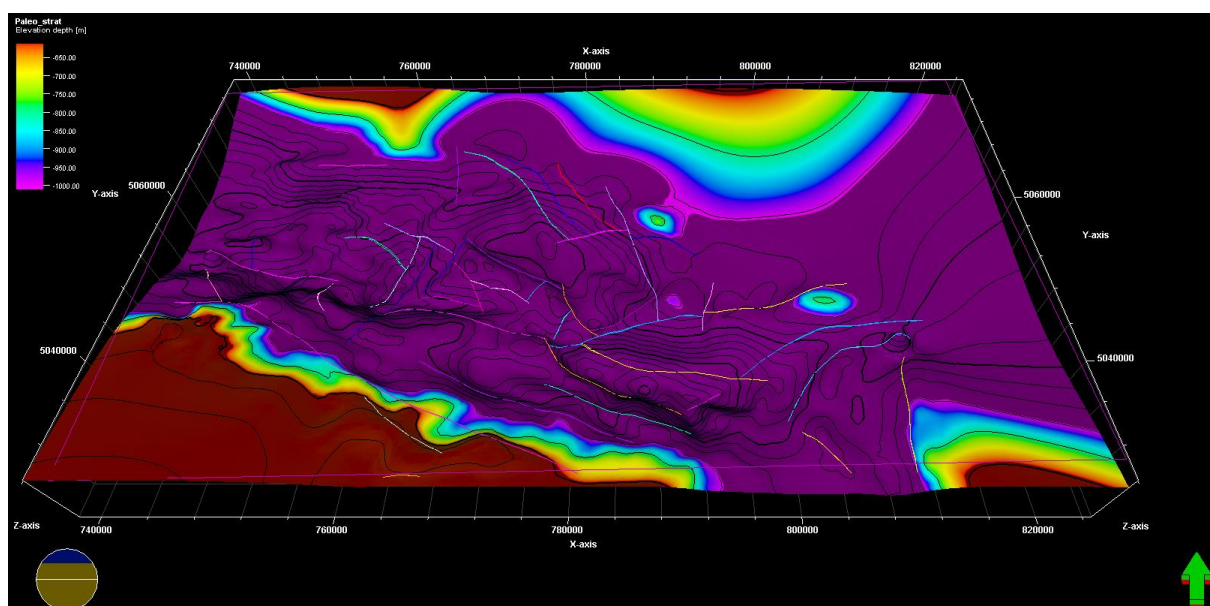


**Slika 5-13.** Horizont po plohi markera A; skalom boja označene su dubine, a vide se i glavni rasjedi tog područja.

## 6. REZULTATI

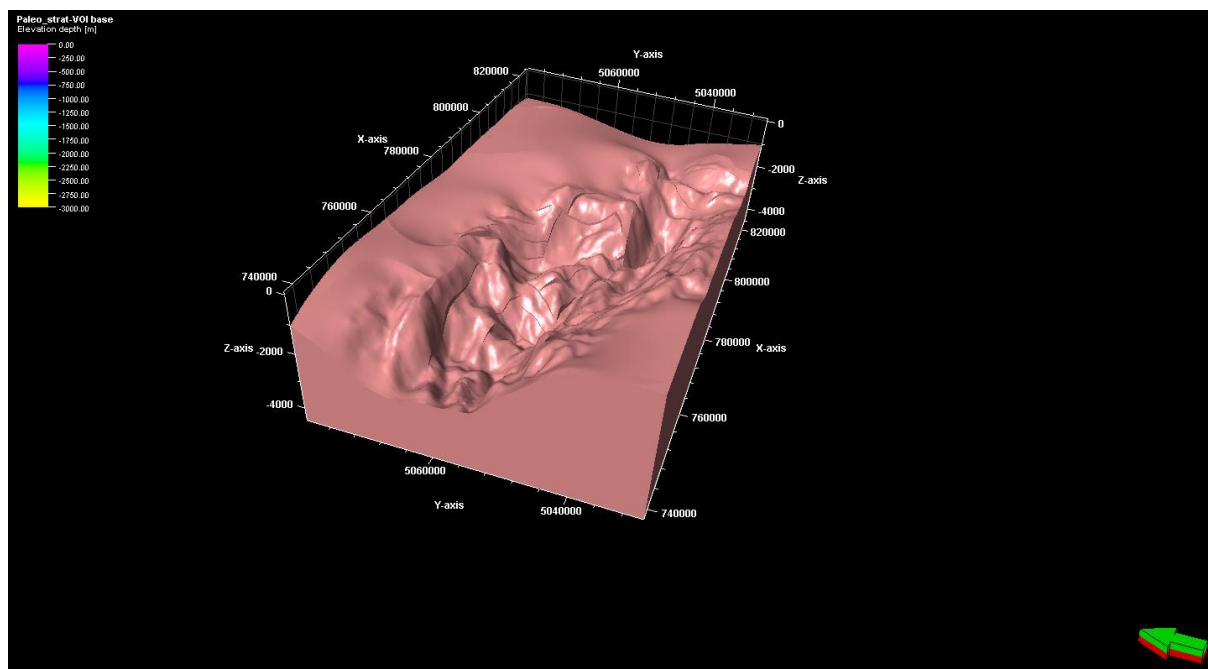
Alatom *Horizon Modeling* u računalnom programu Petrel™ 2014 dobiveni su rezultati u obliku modela horizonata po plohi pet EK-markera i repera. Modeli su prikazani u trodimenzionalnom obliku gdje se jasno mogu vidjeti različiti strukturni oblici, kao što su antiklinale i sinklinale. Vrlo jasno vide se i pomaci koje je određeni rasjed napravio.

Strukturni okvir sastoji se od 43 rasjeda generalnog pružanja SZ – JI. (slika 19.) Potpovršinski modeli napravljeni su u trodimenzionalnim obliku sa jasno vidljivim pomacima terena uzrokovanih rasjedima. Modeli su na napravljeni po plohama pet EK-markera i repera. Računalni program je ekstrapolacijom modela izašao iz okvira područja modeliranja pa se ti dijelovi smatraju ne preciznima i često netočnima. Isto tako, rubni dijelovi područja smatraju se najmanje točnima u odnosu na središnje dijelove područja modeliranja. Idući od dubine prema površini vidi se kako je postupno teren po plohi EK – repera zaravnjuje, tj. kako se središnji dio depresije zapunjava idući od dubine prema površini.

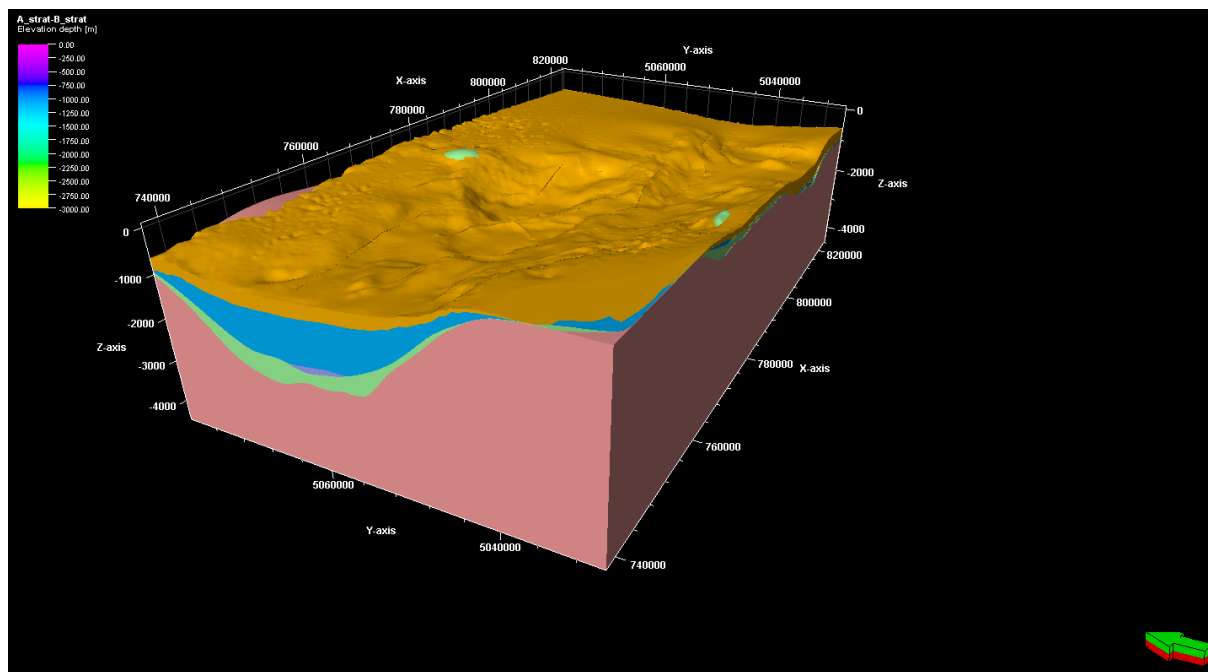


**Slika 6-1.** Potpovršinski model po plohi paleoreljefa; očito je da su rubni dijelovi softverski pretpostavljeni u nedostatku podataka pa time i netočni.

Prema potpovršinskim modelima u programu Petrel™ 2014 napravljene su 3D zone terena između ploha EK–markera i repera. Program je izradio volumni predložak koji možda najbolje dočarava plohu paleoreljefa.



*Slika 6-2. 3D slika paleoreljefa; volumen izrađen iz prethodnog modela horizonta.*



*Slika 6-3. Prikaz konačnog modela te superpozicijski redosljed horizonata; krajnji reljef predstavlja plohu markera A.*

## 7. DUBINSKI STRUKTURNO-TEKTONSKI ODNOSI

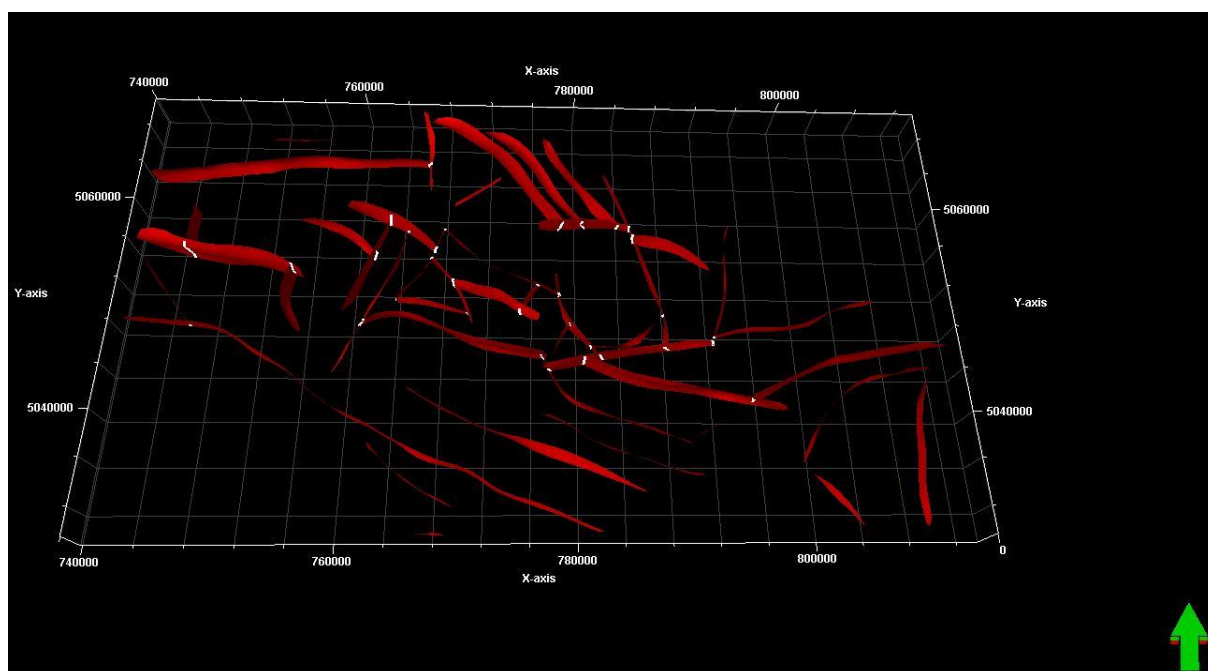
Poznavanje geološkog razvoja Panonskog bazena, a posebno njegovih južnih rubova od posebnog je interesa kada se govori o građi istočne Slavonije. Naslage neogena često su u izravnom dodiru s magmatsko – metamorfnim kompleksom, a ponegdje između njih leže relativno tanki mezozojski sedimenti. Duž rubnih dijelova, koji su bili nestabilniji i više utonjavali zapažaju se veće debljine mezozojskih taložina.

U južnom dijelu Panonskog bazena dominantni su pravci pružanja rasjeda zapad – sjeverozapad , istok – jugoistok, odnosno zapad istok. Drugi je dominantan pravac sjeveroistok – jugozapad. U području istočne Slavonije najvažniji su Dravski i Slavonski glavni potolinski rasjedi. Odigrali su glavnu ulogu prilikom stvaranja i spuštanja istoimenih potolina. Radi se zapravo o sistemu rasjeda duž kojih je došlo do stepeničastog spuštanja pa se i kod jednog i kod drugog nalazi još nekoliko njima paralelnih lomova kao kod Koške, Poganovca i južno od St. Mihanovca.

Rasjedi dinarskog pružanja bez sumnje su dali glavni pečat ovdašnjoj strukturnoj građi i mnogi su od njih drugog reda. Tako npr. rasjed Karašica odvaja predjele dubokih struktura Kučanci, Beničanci, Obod, Šljivoševci, Bocanjevci od izdignutih horstova/antiklinala D.Miholjac, Valpovo, Bolman.

Rasjedi pružanja sjeveroistok – jugozapad su po svojem djelovanju mlađi. Oni presijecaju one „dinarske“, ali uglavnom ne remete dinarsko pružanje struktura. Često uzrokuju lokalna kretanja i sudjeluju kod konačnog oblikovanja pojedinih struktura ili već oblikovane strukture lome na manje blokove.





*Slika 7-1. Ukupna slika rasjeda sa opisanog područja; dobro se vidi smjer pružanja.*

Paleostrukturalna rekonstrukcija ukazuje da struktura zadržava sve svoje osnovne značajke kroz cijelo vrijeme neogena. Bočni pravci rasjeda pružanja zapad – istok daju strukturi osnovnu orijentaciju, a posredstvom nekolicine mlađih rasjeda pravca pružanja sjever – jug izvršeno je rasjedanje na nekoliko manjih blokova. Svakako radi se o kombinaciji duboke potolinske antiklinale i prodora miocenskih efuziva već opisanih u HERNITZ (1980). Sličnih su dubinskih strukturalno – tektonskih značajki lokaliteti Obod, Kučanci ili nešto dalje prema zapadu Crnac. Strukturalna građa istočne Slavonije vrlo je raznolika, međutim sve su te forme u uskoj vezi s morfološkim i tektonskim odlikama podloge i kasnijim procesom kompaksije. Bit će opisane neke strukture na ovom području.

Uleknine ili sinklinale različitih su veličina. One manje uglavnom su ovalnih oblika, a često spajajući se tvore veće razvedene uleknine ili rovove pa se u nizovima pružaju pravcem zapad – istok. One obično sadrže kompletni slijed naslaga neogena i kvartara (HERNITZ, 1980). U predjelima gdje se nalaze uleknine - sinklinale najveće su debljine neogensko – kvartarnog kompleksa naslaga kao npr. kod Klokočevaca 3600m te kod Antunovca Tenjskog 3700m (Slika 7-4).

Prijevoji ili sedla relativno su brojni i redovito predstavljaju vezu među ostalim strukturalnim oblicima. Zbog toga se nalaze kako u najdubljim tako i najplićim dijelovima potolina. Njihov

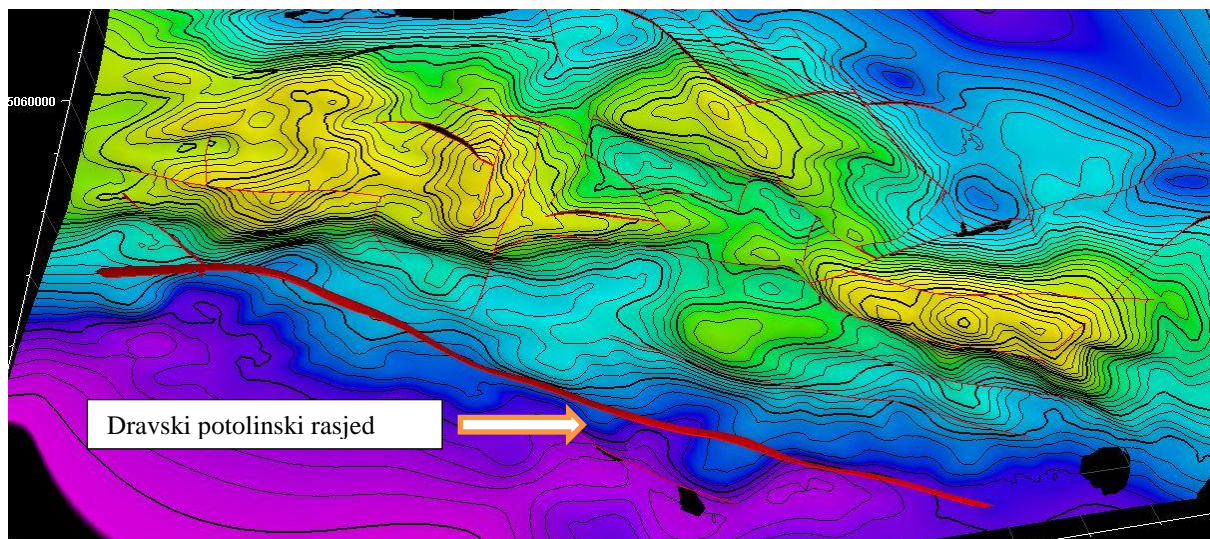
postanak i razvitak uvjetovan je ili reljefom u vrijeme miocenske transgresije ili kasnijom tektonskom djelatnošću. Brojna su sedla jednostavnih kontura nalazeći se između dvije antiklinale i dvije sinklinale. Takva su npr. istočno od Bizovca, između Osijeka i Drade, između Osijeka i Bijelog Brda. Sve su one plitke i dubina im se u paleoreljefu kreće između -1000m i -2000m. Unutar uleknina, sedla su znatno dublje situirana: -3000 između Marijanaca i Koške. (HERNITZ, 1980)

### **7.1. Pregled dubinske strukturno tektonske građe**

Nakon opisa glavnih odlika pojedinih tipova struktura bit će moguće dati pregled dubinskih strukturnih odnosa, a zatim i opis po izdvojenim repnim horizontima.

Već je spomenuto da je područje istočne Slavonije moguće podijeliti na tri osnovne tektonske jedinice kako su to već zamijetili HERNITZ (1980), KRANJEC et al., (1970), ŠIMON (1973). Središnji dio čini Đakovačko – vinkovački ravnjak. Samo manji dio ovog ravnjaka pripada području istraživanja ovog rada no ovdje on je uvršten u opis ne samo kao granična cijelina, već i kao jedan od najistaknutijih predjela istočne Slavonije. To je uzdignuće tipa horsta pokriveno mlađe tercijarnim naslagama. Ima oblik šiljastog trokuta, koji se proteže od zapada prema istoku i čiji se vrh nalazi kod Vinkovaca. Ondje kao da se dotiču Slavonsko – srijemska potolina koja se nalazi na jugu i istočni dio Dravske koji se nalazi na sjeveru. Ravnjak je omeđen rasjedima na sjevernom i južnom rubu. Jezgru mu sačinjavaju stare stijene magmatsko – metamorfnog kompleksa. U morfološkom pogledu i strukturno tektonskom pogledu razveden je nizom manjih oblika.

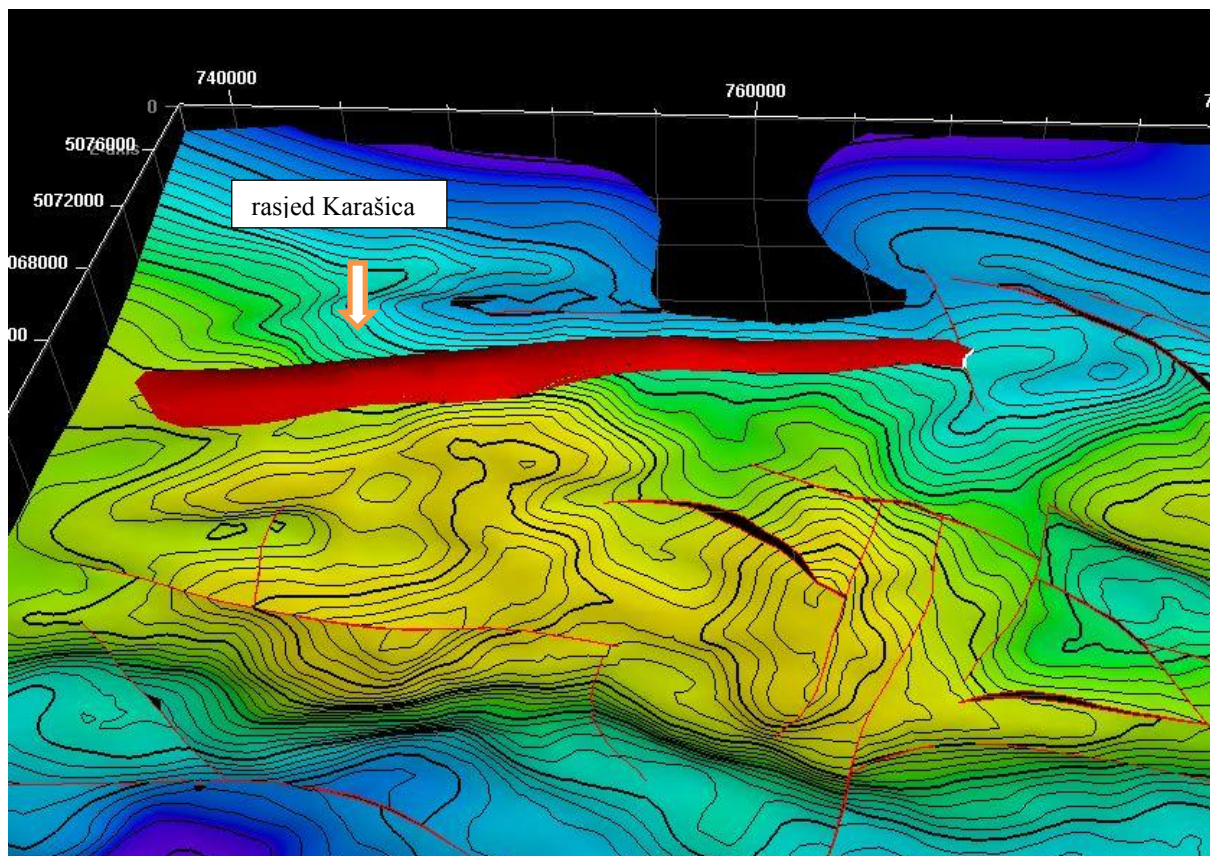
Duž sjevernog ruba Đakovačko Vinkovačkog ravnjaka usjekao se duboki Dravski potolinski rasjed (Slika 7-2) koji zadire u podlogu neogena, a bio je aktivan kroz cijelo vrijeme neogena do kvartara. Od Vinkovaca u smjeru zapada brazdi preko Jarmine, sjeverno od Našica i dalje obodom Krndije. Uz njega vezano je još nekoliko većih ili manjih lomova duž kojih je došlo do stepeničastog spuštanja u najdublje dijelove Dravske potoline. Ističu se još rasjed Vuka i onaj kod Klokočevaca.



*Slika 7-2. Strukturna karta po plohi repera Tg; strelicom je označen glavni Dravski potolinski rasjed koji se pruža duž sjevernog ruba Đakovačko – vinkovačkog ravnjaka.*

Depresija što se nalazi sjeverno od Đakovačko – vinkovačkog ravnjaka karakterizirana je markantnim dinarskim pravcem pružanja od zapada – sjeverozapada prema istoku – jugoistoku, a takav položaj imaju strukturni nizovi i najvažniji lomovi koji su dali osnovni pečat strukturno - tektonskoj građi.

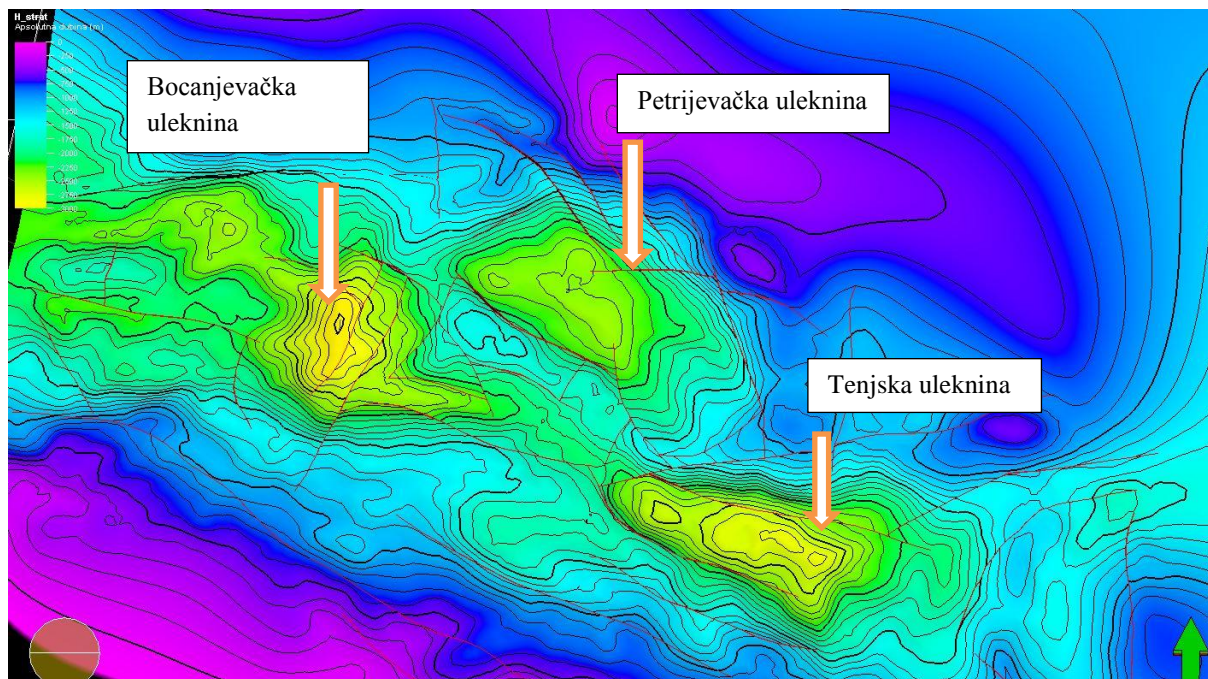
Glavna ili središnja potolinska zona proteže se od Kučanaca i Beničanaca između Bizovca i Poganovaca preko Antunovca Tenjskog i završava u predjelu strukture Vera i Vukovar, gdje nastupa kako je već opisano strukturno – tektonski razvedeno područje, koje je prijelazno prema Bačkoj. Na sjeveru dominantan je rasjed Karašica. Pruža se pravcem zapad – istok, a nalazi se južno od donjomiholjačke strukture.



*Slika 7-3. Strukturna karta po reperu horizonta Tg; strelicom označen je rasjed Karašica.*

Nešto istočnije slijedi između Bolmana i Darde niz rasjeda pružanja sjeverozapad – jugoistok. Brojni rasjedi u središnjem dijelu potoline znatno su utjecali na stvaranje niza „stršenjaka“ ili horstova. Vrlo su duboki vjerojatno naslijeđeni iz podloge pa su se kretanja većih, ali i manjih blokova vršila po starim lomovima. Tako je nastao i jedan od najzanimljivijih oblika unutar glavne potolinske zone, struktura Bizovac. Osim već opisanog osnovnog pravca protezanja potoline zapaža se postojanje jednog manjeg odvojka na sjeveru. To je petrijevačka uleknina koja se preko prijevoja između Valpova i Bizovca veže na bocanjevačku ulekninu. Ona je uz Tenjsku ulekninu i onu što se od Klokočevaca, kraj Beničanaca, proteže prema D. Miholjcu predstavlja jednu od najdubljih uleknina.





**Slika 7-4.** Na strukturalnoj karti po reperu H strelice prikazuju najveće depresije na ovom području, među njima i Tenjsku depresiju koja je ujedno i najdublja točka istočne Slavonije (-3700 m).

Ove uleknine karakterizirane su složenom građom. Razvedene su nizom manjih paleogeomorfoloških ili strukturalno – tektonskih izdignutih oblika, a često su to glavne naftonosne strukture posebno u zapadnom dijelu. Situirane su duboko, a međusobno su odvojene manjim prijevojima kao npr. Kučanci – Ladislavci i Beničanci. Uleknina Bocanjevci nalazi se između Štekovice i Bizovca. Vrlo je razvedena i markirana rasjedima na sjeveroistočne i jugoistočne strane, kojima je izlomljena u nekoliko blokova. Kod Čepina nastupa dugi uski prijevoj ili sedlo, a zatim duboka i prostrana depresija kod Antunovca Tenjskog. Unutar nje postoji niz lokalnih manjih struktura, a također i najdublja točka ovog dijela Dravske depresije, pa i cijele istočne Slavonije.

## **7.2.Strukturni oblici na kartiranim reperskim horizontima**

### **7.2.1. Karta paleoreljefa (Tg)**

Glavno obilježje razvedenosti područja kao cjeline daju izobate s vrijednostima -1000m (Prilog 1). Tako su najbolje izraženi obrisi glavnih potolinskih zona i njihovi obodi. Glavni pečat daju rasjedi koji se protežu duž tih oboda ili skupovi paralelnih rasjeda. Među važnije rasjede mogu se uvrstiti oni duž rubova velike uleknine između Kućanaca i Lacića (dubine do -3000). Ona je iznimno razvedena na svojoj južnoj strani (prema Beničancima) te su vidljivi i brojni poprečni – dijagonalni rasjedi. Također je markirana rasjedima, osobito sa sjeveroistočne, jugoistočne i jugozapadne strane. Nalikuju na rov.

### **7.2.2. Strukturna karta po plohi markera H**

Strukture su i ovdje vrlo jasno izražene, a posebno ondje gdje dolazi Vukovarska formacija pa je paleoreljef blizak reperu H (Prilog 2). Njegova je ploha karakterizirana nešto blažim nagibima nego li je to bilo u paleoreljefu, ali su zadržane znatne strmine istočno od Klokočevaca, u Tenjskoj sinklinali, te između St. Mikanovca i Vinkovaca. Nagibi se ondje kreću između 20° i 25°, a najveći su kod Antunovca Tenjskog gdje dostižu 30°. U prosjeku na obodima struktura izose od 5° do 10°. Čini se da neki dijelovi paleoreljefa nisu bili dostupni taloženju Vukovarske formacije ili su možda dijelom njeni relativno tanki talozi odneseni prilikom izdizanja koje je nastupilo u gornjem miocenu. Protezanje glavne potolinske zone Dravske depresije vrlo dobro markira izostrata -2000m unutar koje se nalaze sva naftna polja ovog područja (Crnac, Kućanci –Ladislavci – Krunoslavlje, Beničanci, Obod i Štekovica). Tjemeni dijelovi tih struktura redovito su nešto dublji od 1800m, osim Beničanaca. Dna sinklinale su na -3100m (Bocanjevci), -2900 m (Tenja), i -2400 m (Petrijevci).

### **7.2.3. Strukturna karta po plohi markera G**

Valpovačka formacija, a time i njena krovinska granica, odnosno reper G nalazi se približno na ¼ područja istočne Slavonije. Strukturni odnosi na kartiranoj plohi gotovo kao da su preslikani s plohe repera H, osim što su dubine pliće radi relativno manjih debljina Valpovačke formacije (Prilog 3). U prosjeku nagibi se kreću između 5 i 10°, a najveći su na bokovima sinklinale: 25 (Bocanjevci), 30 (Antunovac Tenjski). U sinklinalnim se predjelima bilježe još uvijek velike dubine pa kod prvog spomenutog lokaliteta dosežu -3000 m, a kod drugospomenutog -2700 m.

#### **7.2.4. Strukturna karta po plohi markera B**

I ovdje su dobro izražene konture svih glavnih oblika, ali postoje i neke bitne razlike u odnosu na prije opisane reperne plohe. Osnovno obilježje repera B jesu znatno blaži nagibi nego li na dubljim horizontima (Prilog 4). Prosječni se nagib može ocijeniti na jedva 5°. Očito je nakon izdizanja krajem miocena nastupilo postupno, ali znatno spuštanje i zapunjavanje. Ploha repera B pokriva gotovo cijelu istočnu Slavoniju. Središnje potolinske dijelove markira stratoizohipsa -1000. Ne postoje više velike razlike u dubinama između Dravske i Slavonsko – srijemske potoline. Iako su se radi blagih nagiba izgubili mnogi prije markantni detalji pojedinih oblika, ipak je kod promatranja karte zanimljiva usporedba međusobnih dubinskih odnosa nekih struktura. Tako je npr. Bizovačka antiklinala (-1300 m) znatno dublja od beničanske (-900 m) ma da je na plohi repera H bila plića za 200 m, a u paleoreljefu čak za 800 m.

#### **7.2.5. Strukturna karta po plohi markera A**

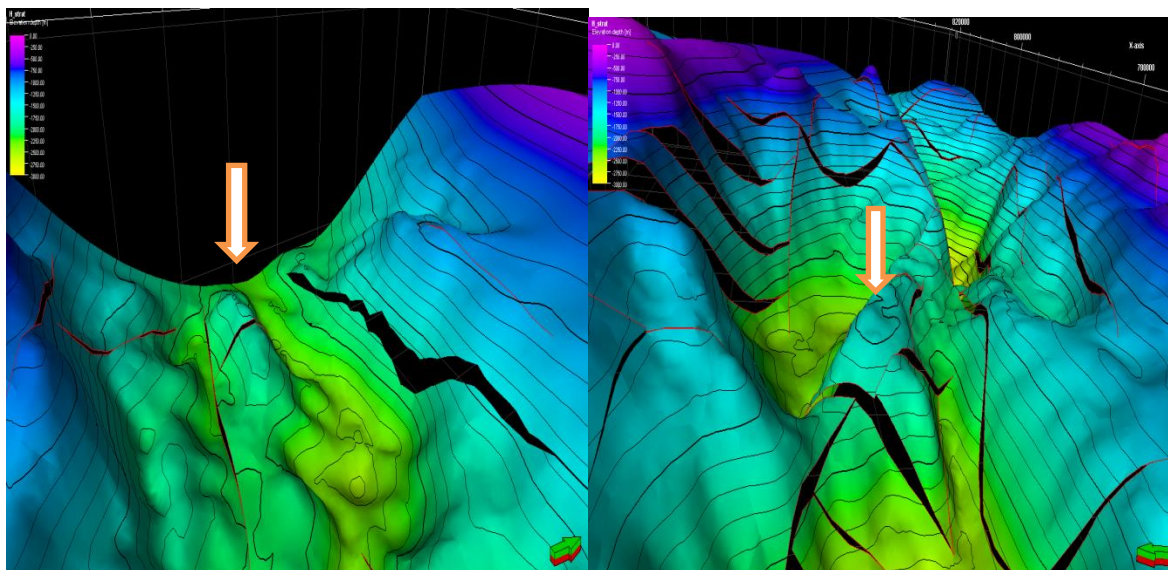
Ovaj marker je najplići do sada od spominjanih, koji bez izuzetka pokriva cijelo istražno područje istočne Slavonije. Izostali su mnogi rasjedi ili su im skokovi dovoljno mali pa nisu mogli biti zamijećeni u toku interpretacije seizmičkih profila. Gledajući u cjelini preostali su najvažniji, naslijeđeni i obnavljani stari sinsedimentacijski rasjedi, koji su, u načelu, predodredili osnovne strukturno tektonske elemente i sudjelovali u njihovu kasnijem oblikovanju. Skokovi im iznose po nekoliko desetaka metara ali i stotinjak metara (Prilog 5). Glavne su strukture zadržale svoja bitna obilježja, ali su mnogi detalji zatumljeni što je posljedica daljnje tendencije zaravnavanja, a time i vrlo blagih ocrta pojedinih oblika. U cijelom području istočne Slavonije nagibi su u prosjeku ispod 5°. U Dravskoj potolini dobro su ocrtane strukture kod Beničanaca i Bizovca, ali su dosta prigušene njihove blokovske, odnosno timorske značajke. Reper A predstavlja krovinsku granicu formacije Vera, ali ujedno i podinsku formaciju Vuka koja je po vertikali dopire do površine.

### 7.3. OSVRT NA NAFTNO GEOLOŠKE ODNOSI

Područje istočne Dravske depresije zanimljivo je kako s ekonomskog tako i naftno – geološkog stajališta. Ovdje se nalaze naslage neogena u najcjelovitijem razvoju. U središnjoj potolinskoj zoni nema niti međuformacijskih diskordancija, osim u predjelu Bizovac gdje nedostaje Valpovačka formacija. Do promjene dolazi i lokalno pa tako efuzivi člana Bizovac mogu biti kolektorske stijene za naftu (Štekovica, Bizovac). Sve spomenute litološke i strukturno tektonske karakteristike daju istočnom dijelu Dravske potoline posebnu važnost s naftnogeološkog stajališta kao značajnoj zoni nakupljanja ugljikovodika. To potvrđuju prisutna naftna, odnosno naftno – plinska polja, koja daju znatan udjel u domaćoj proizvodnji pa će biti nešto govora njima.

Struktura **Beničanci**, odnosno istoimeno naftno polje, predstavljena na nivou repera H brahiantiklinalom pružanja zapad – istok s nekoliko uzvišenja u tjemenom dijelu. Antiklinala je rasjedana normalnim rasjedima (Slika 7-5a, Prilog 6)) s nagibom paraklaze od 60° do 80°. Ležište nafte bez plinske kape (HERNITZ, 1980) formirano je u gornjobadenskim vapneno-dolomitnim brečama člana Beničanci. Pokrov čini mjestimično vapnenac Lacić, odnosno lapor Klokočevci, a iznad njih dolazi Valpovačka formacija. (TURAJLIĆ i dr. 1979) tvrde da je dodir nafta – voda jedinstven za cijelo ležište na dubini od -1955 m.

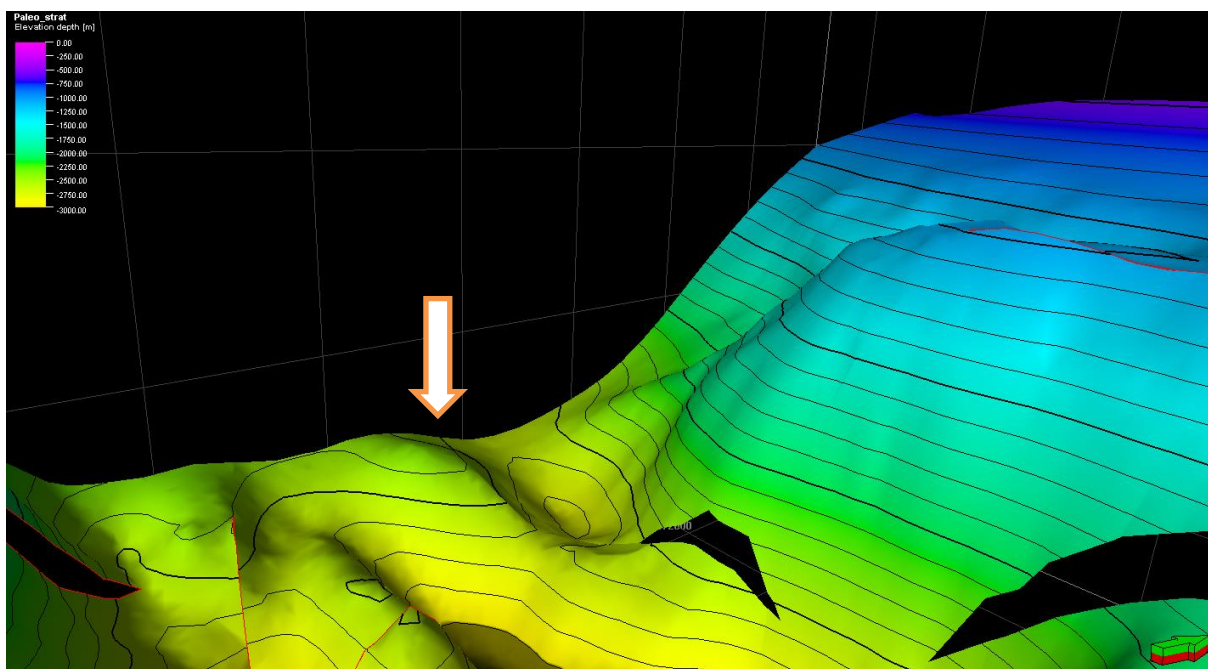




a)

b)

*Slika 7-5. Antiklinale naftnog polja: a) Beničanci - po plohi horizonta H, b) Bizovac- po plohi horizonta H*



*Slika 7-6. Antiklinala naftnog polja Kučanci po plohi horizonta H.*

Polje **Kučanci–Ladislavci** nalazi se nešto sjevernije od antiklinale Beničanci , a na samom sjeverozapadnom rubu istražnog prostora (Slika 7-6). To su dvije lokalne antiklinale međusobno razdvojene blagim sinklinalnim uleknućem , a zajedno imaju pravac pružanja zapad jugozapad - istok sjeveroistok. Radi se o naftno – plinskom polju (RADIĆ I HRNČIĆ,1979.).

Posebno je zanimljivo polje **Bizovac** (Slika 7-5b, Prilog 7). Prema podjeli (KRANJEC, 1972) to je struktura čiju unutrašnjost izgrađuju vulkanske stijene ali su prisutne i karakteristike timora, tako da se radi o kombiniranom tipu. Vukovarska formacija na cijeloj strukturi izgrađena je gotovo isključivo od člana Bizovac (raspucani andeziti). Na andezite izravno naliježe lapor Laslovo Vinkovačke formacije koji približno odgovara gornjem panonu. Bizovac je bio vulkanski otok u miocenskom moru, a poslije, u vrijeme pliocena, duboko je potonuo (HERNITZ, 1980). Prema (RADIĆ i HRNČIĆ, 1979) nafta je nađena u raspucanom andezitu čije su povoljne kolektorske značajke ograničene uspravno i bočno, pa zbog toga polje nije rentabilno za proizvodnju. U smislu Levorsenove klasifikacije to je strukturni tip zamke s tektonski razlomljenim stijenama .

## 7.4. IZRAČUNAVANJE STATISTIČKE VRIJEDNOSTI ODSTUPANJA MODELA OD KARATA

Za računanje statističke vrijednosti odstupanja između ručno izrađenih strukturnih karata (Heritz, 1980) i modela napravljenih alatom *Horizon modeling* po pet repernih horizonata korištene su vrijednosti dubina na obje karte. Točke su točno postavljene na stratoizohipsama ručno crtanih strukturnih karata, kako bi očitane vrijednosti dubine bile precizne, a ne pretpostavljene. Treba napomenuti i da je broj točaka jednako raspodijeljen na svih šest strukturnih karta. Dakle, za istu prostorno određenu točku zadanih koordinatnih vrijednosti (x i y) očitava se vrijednost Z koja predstavlja vrijednost dubine na modelu i na ručno nacrtanim kartama. Za svaku pojedinu točku računa se postotak odstupanja napravljenog modela od ručno izrađenih strukturnih karata. Izračunavanjem srednje vrijednosti (aritmetičke sredine) postotaka odstupanja svih točaka dobila su se prosječna vrijednost odstupanja između modela i ručno izrađenih strukturnih karata po svakoj karti zasebno te sveukupno prosječno odstupanje.

Ako za vrijednost očitane dubine pojedine točke na ručno izrađenim strukturnim kartama postavimo  $Z(A)$ , a za vrijednost očitane dubine pojedine točke na dobivenim modelima  $Z(B)$ , formula po kojoj je izračunavan postotak odstupanja modela od strukturnih karata glasi:

$$\left| \frac{Z(A) - Z(B)}{Z(A)} \right| = X * 100$$

gdje je X vrijednost odstupanja koja je pomnožena sa 100 daje postotak odstupanja. Vrijednosti očitanih dubina moraju biti postavljene kao apsolutne vrijednosti zbog toga što očitane dubine imaju negativan predznak. Srednje vrijednosti postotka odstupanja modela od ručno izrađenih strukturnih karata po plohi određenog repera prikazani su na slici 28.

**Tablica 7.4.** Srednje vrijednosti postotka odstupanja modela od ručno izrađenih strukturnih karata.

Ploha EK – markera/EK – repera	Srednja vrijednost odstupanja (%)
A	2,058 %
B	0,675 %
G	0,504 %
H	0,402 %
Tg	0,300 %

Primjećuje se kako točke koje se nalaze u blizini rasjeda, kontakata rasjeda ili dijelova terena gdje je teren zbog djelovanja rasjeda deformiran i vidljivo pomaknut, pokazuju veće vrijednosti odstupanja od onih točaka koje se nalaze na zaravnjenim dijelovima terena te onim točkama koje se ne nalaze u blizini rasjeda i blizu kontakata između rasjeda (npr. središnji dio tektonskog bloka). Uzrok tome su preoblikovani krajnji dijelovi rasjeda prilikom pravljenja strukturnog okvira alatom *Fault framework modeling* nastalih zbog povećanja opcije ekstrapolacije te ručno pomaknutih kontakata između rasjeda, opisanih u prethodnom poglavlju, prijeko potrebnih da bi računalni program Petrel™ 2014 izradio model.

Prosječna vrijednost odstupanja modela od ručno izrađenih strukturnih karata (HERNITZ, 1980) iznosi 0.787 %.

## 8. ZAKLJUČAK

U okviru ovog diplomskog rada obrađeni su i digitalizirani podaci već postojećih strukturnih karata (HERNITZ, 1980) izrađenih na temelju raznih geofizičkih i bušotinskih istraživanja tokom druge polovice 20.st. na području istočne Slavonije. Njihovom digitalizacijom ti su podaci dobili novu vrijednost kroz računske operacije programa ArcMap i Petrel™ 2014. Prava vrijednost je u tome što se za vrijeme izrade tih karata i njihove interpretacije nije mogao dobiti odgovarajući prostorni uvid istraživanog podzemlja. Ovaj rad izoštrava sliku istražnog područja kroz definiranje geoloških struktura, položaja i pomaka rasjeda, međusobnog odnosa dvaju horizonta te na jedinstven način sve to objedinjuje što je i prikazano na slikama. Nadam se da će ovaj diplomski rad poslužiti za daljnju obradu podataka na ovom području te detaljniju izradu modela u svrhu pronalaženja eventualnih novih zamki, ali i općeg razumijevanja geologije istražnog područja.

## 9. LITERATURA

### PUBLICIRANI RADOVI

HERNITZ, Z. (1980): Dubinski strukturno tektonski odnosi u području istočne Slavonije. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

KRANJEC, V. (1972): O utvrđivanju najnovijih tektonskih pokreta i njihovu naftno-geološkom značenju u savsko-dravskom području. Nafta, 10, 463-474.

KRANJEC, V., HERNITZ, Z., PRELOGOVIĆ, E., BLAŠKOVIĆ, I. (1970): Dubinsko litofacijsno kartiranje područja istočne Slavonije i bosanske Posavine. Zbornik radova Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, 165-174.

LUČIĆ, D., SAFTIĆ, B., KRIZMANIĆ, K., PRELOGOVIĆ, E., BRITVIĆ, V., MESIĆ, I. & TADEJ, J. (2001): The Neogene evolution and hydrocarbon potential of the Pannonian Basin in Croatia. Marine and Petroleum Geology, 18/1, 133-147.

MALVIĆ, T. & VELIĆ, J. (2011): Neogene Tectonic in Croatian Part of the Pannonian Basin and Reflectance in Hydrocarbon Accumulations. U: New Frontiers in Tectonic Research: At the Midst of Plate Convergence, Schattner, U. (ur.), 215-238.

RADIĆ, J., HRNČIĆ, LJ. (1979): Rezultati istraživanja i perspektive naftnoplino nosivosti Dravske potoline. Zbornik radova 3. god. naučnog skupa 1. sekcije ZSN JAZU (Novi Sad 1977.), 2, 333-350.

SAFTIĆ, B., VELIĆ, J., SZTANÓ, O., JUHÁSZ, G. & IVKOVIĆ, Ž. (2003): Tertiary subsurface facies, source rocks and hydrocarbon reservoir in the SW part of the Pannonian Basin (northern Croatia and south-western Hungary). Geologia Croatica, 56, 1, 101-122.

ŠIMON, J. (1973a): O litostratigrafskom stupu tercijarnih naslaga u području istočne Slavonije. Nafta, 12, 623-630.

TURAJLIĆ, V., MATELJAK, M., DEVIĆ, T. (1979): Usporedni prikaz i problematika razrade ležišta naftnih polja Beničanci, Obod i Ladislavci – Kučanci. Zbornik radova 3. god. naučnog skupa 1. sekcije ZSN JAZU (Novi Sad 1979), 2, 643-658.

VELIĆ, J., WEISSER, M., SAFTIĆ, B., VRBANAC, B. & IVKOVIĆ, Ž. (2002): Petroleum-geological characteristics and exploration level of the three Neogene depositional megacycles in the Croatian part of the Pannonian basin. Nafta 53, 6-7, 239-249.

Vrbanac B. (2002) Facies and facies architecture of the Ivanić Grad Formation (Upper Pannonian) – Sava Depression, NW Croatia. Geologia Croatica, 55 (1): 57–77.

### **FOND STRUČNE DOKUMENTACIJE**

ŠIMON, J. (1966): Litostratigrafske jedinice tercijarnog kompleksa ist. Slavonije i korelacija s istim jedinicama Savske i istočnog dijela Dravske potoline. Fond struč. dok., INA-Naftaplin, Zagreb.

Internetski izvori:

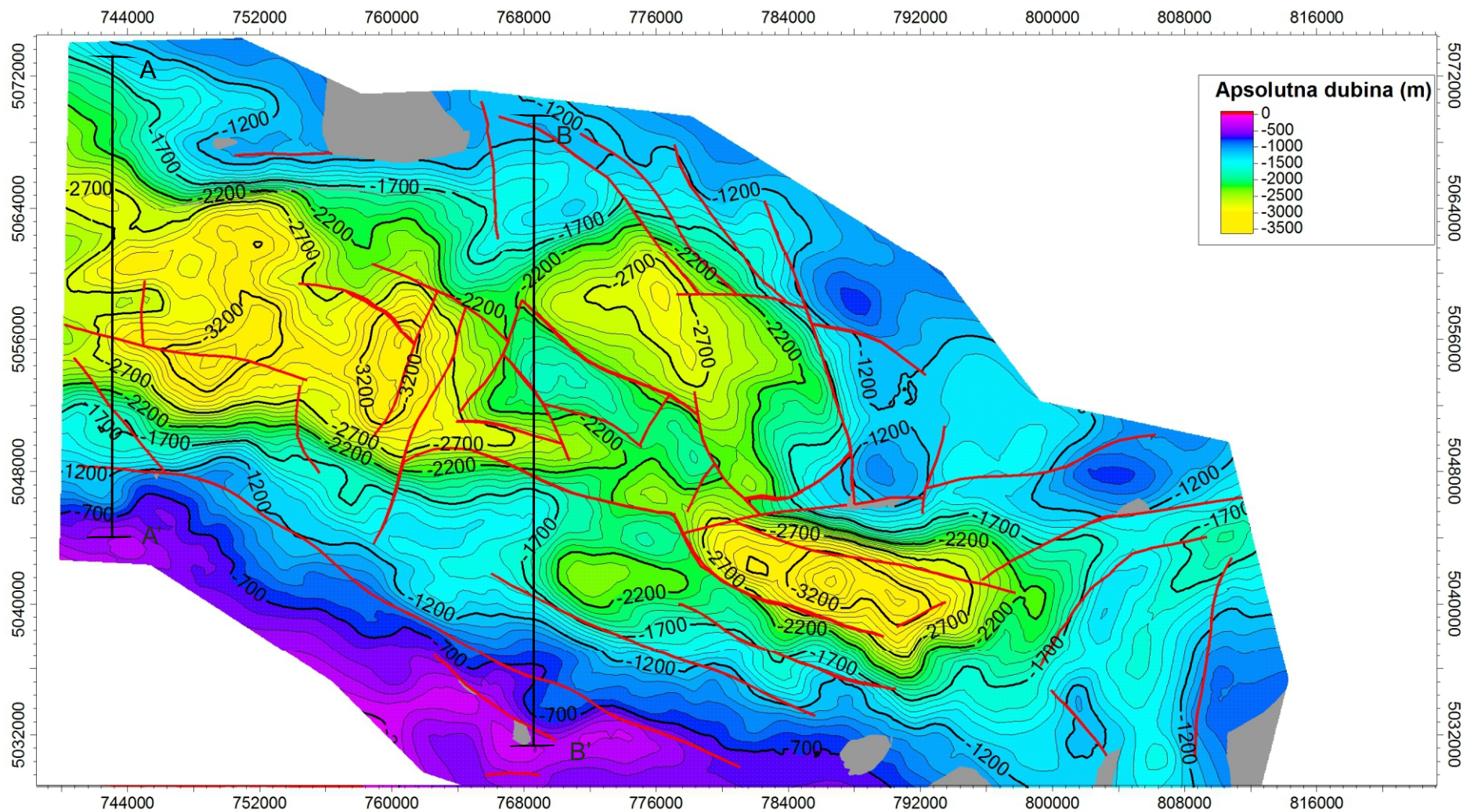
<http://www.google.hr/maps>

<http://www.esri.com/software/arcgis>

<http://www.azu.hr>.



# Strukturna karta po plohi repera Tg



## Legenda

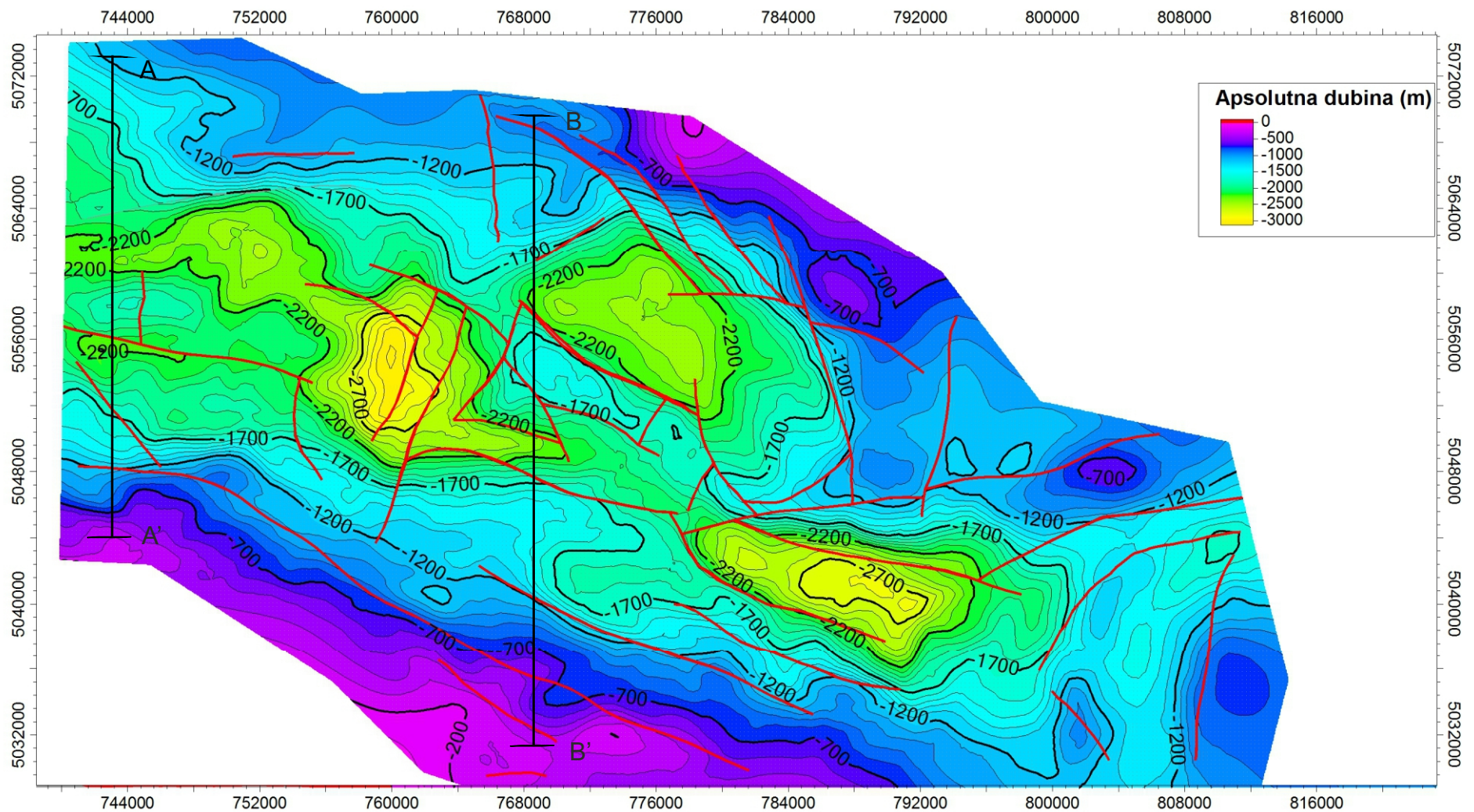
- trasa profila
- stratoizohipse
- rasjed

DIPLOMSKI RAD Andrej Stopar

Prilog 1.  
Strukturna karta po plohi repera Tg



# Strukturna karta po plohi markera H



## Legenda

-  trasa profila
-  stratoizohipse
-  rasjed

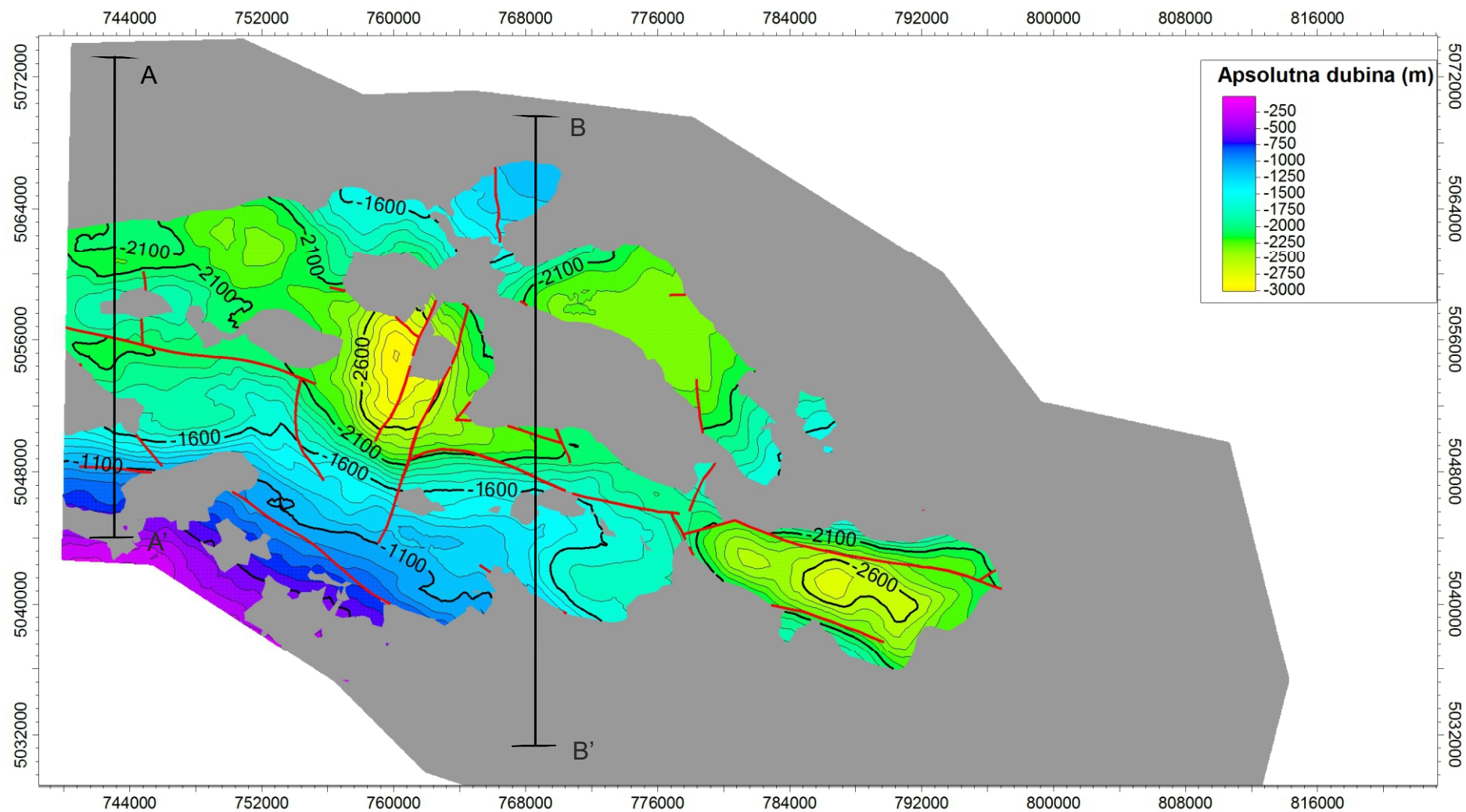
0 5000 10000 15000 20000 25000m

1:40000

DIPLOMSKI RAD Andrej Stopar

Prilog 2.  
Strukturna karta po plohi markera H

# Strukturna karta po plohi markera G



## Legenda

- trasa profila
- stratoisohipse
- rasjed

0 5000 10000 15000 20000 25000m

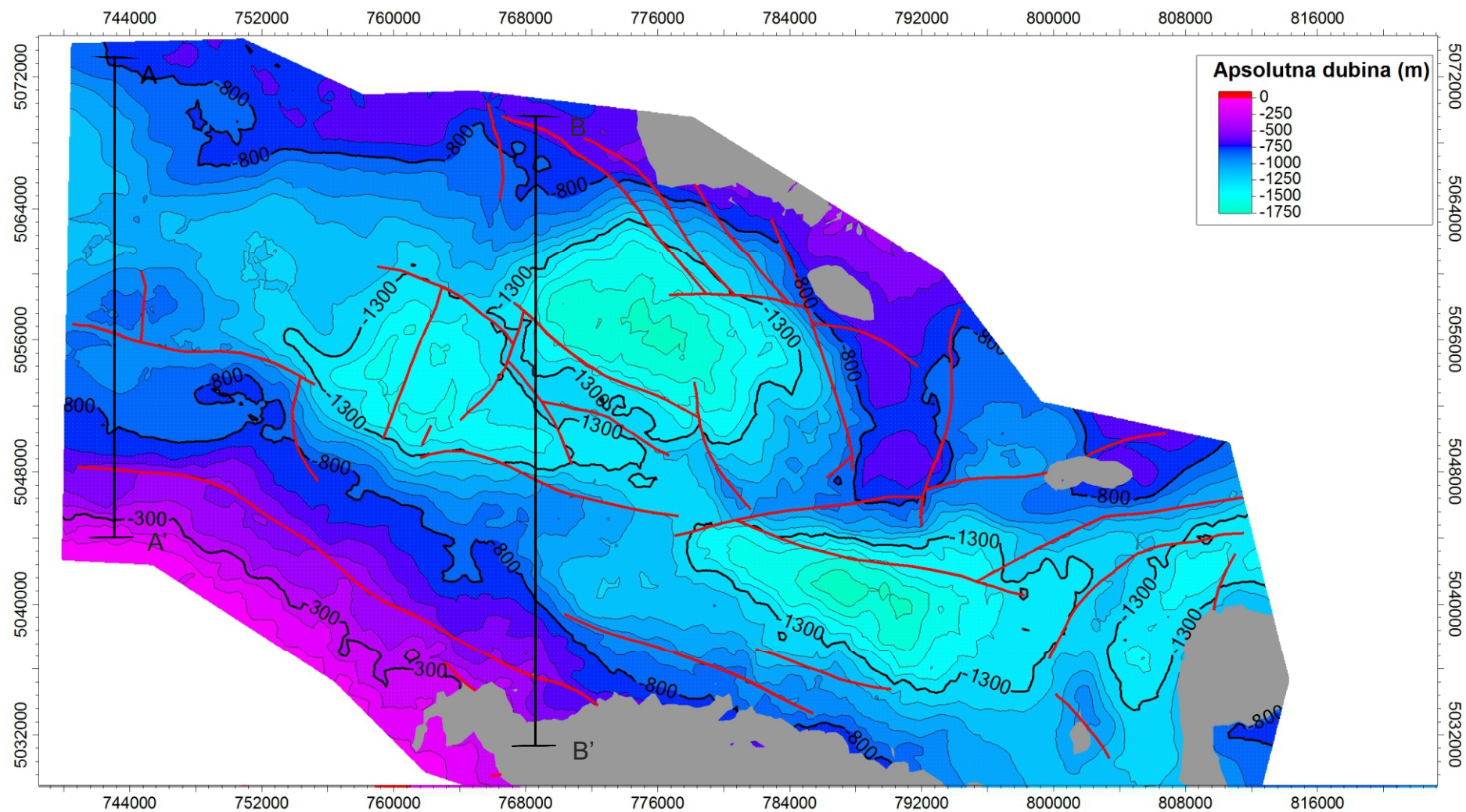
1:40000

DIPLOMSKI RAD Andrej Stopar

Prilog 3.  
Strukturna karta po plohi markera G



# Strukturna karta po plohi markera B



## Legenda

- trasa profila
- stratoizohipse
- rasjed

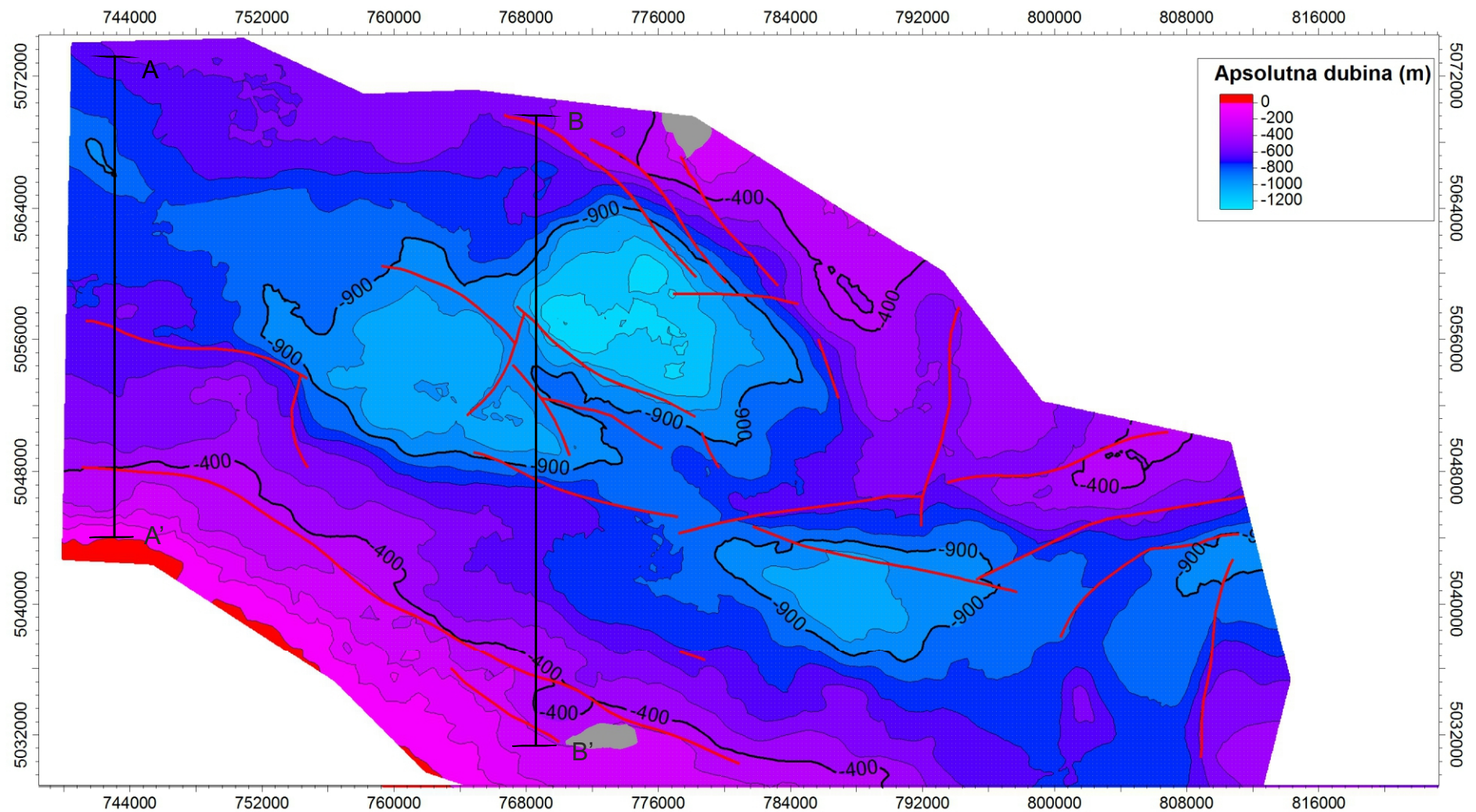
0 5000 10000 15000 20000 25000m

1:40000

DIPLOMSKI RAD Andrej Stopar

Prilog 4.  
Strukturna karta po plohi markera B

# Strukturna karta po plohi markera A



## Legenda

- trasa profila
- stratoizohipse
- rasjed

1:40000

DIPLOMSKI RAD Andrej Stopar

Prilog 5.  
Strukturna karta po plohi markera A



